ZUR GEOCHEMIE UND GENESE DER KUPFERLAGERSTÄTTE MURGUL, E-PONTIDEN/TÜRKEI

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
des Fachbereichs 24 (Geowissenschaften)
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Nevzat ÖZGÜR
aus Izmir (Türkei)

1985

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549615_0020

ZUR GEOCHEMIE UND GENESE DER KUPFERLAGERSTÄTTE MURGUL, E-PONTIDEN / TÜRKEI

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
des Fachbereichs 24 (Geowissenschaften)
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Nevzat ÖZGÜR
aus Izmir (Türkei)
1985

1. Berichterstatter: Prof. Dr. H.-J. Schneider
2. Berichterstatter: Prof. Dr. K. Germann

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Juli 1985

ZUR GEOCHEMIE UND GENESE DER KUPFERLAGERSTÄTTE MURGUL, E-PONTIDEN / TÜRKEI [+]

von

Nevzat ÖZGÜR [++]

ZUSAMMENFASSUNG

Die Lagerstätte Murgul/NE-Türkei liegt ca. 2o km südöstlich der Hafenstadt Hopa im nordöstlichen Teil der Pontiden, die nach der plattentektonischen Konzeption einen Inselbogen repräsentieren, welcher dem nördlich gelegenen pontischen Kontinent von Lias bis in das Miozän vorgelagert war.

Die 2ooo bis 3ooo m mächtigen Vulkanitserien können in Übereinstimmung mit dem Gesteinsinventar der gesamten Ostpontiden in drei Zyklen gegliedert werden, nämlich die Untere Basische Serie (UBS) und die Untere Dazitische Serie (UDS) als erster Zyklus sowie die Obere Basische Serie (OBS) als zweiter und die Obere Dazitische Serie (ODS) als dritter Zyklus. Die Untere Dazitische Serie (UDS) bildet mit ihrem "stratigraphisch" mittleren Abschnitt das Nebengestein der Lagerstätte und setzt sich aus Pyroklastika mit geringmächtigen Einschaltungen von Sedimenten zusammen. Sie werden überlagert von einer 2oo bis 5oo m mächtigen Dazit-Decke. Die ganze Serie ist biostratigraphisch in das Senon einzustufen.

Die beiden jüngeren vulkanischen Zyklen (OBS und ODS) sind für die Genese der Lagerstätte ohne Bedeutung. Sie repräsentieren die Zeitspanne vom Maastricht bis in das Eozän.

Eine sehr intensive Alteration des Nebengesteines der Lagerstätte verwischte den primären Mineralbestand weitgehend durch Serizitisierung, Argillitisierung und Silifizierung in mehreren Phasen. Für genetische Überlegungen spielt die scharfe lithologische Grenze zwischen dem alterierten Lagerstätten-Tuff und dem hangenden, tauben Dazit eine besondere Rolle insofern, als zwischen der Lagerstättenbildung mit den sie begleitenden Alterationsprozessen und dem hangenden, tauben Dazit ein zeitlicher Hiatus mit kurzperiodischer Erosion angenommen werden muß.

Darüberhinaus weist die trichterförmige Geometrie der Alterationswurzeln in der Teufenerstreckung der Erzkörper von Anayatak und Çakmakkaya auf die lokale Beschränkung der Mineralisationsprozesse hin, die in einer Zeitspanne - vor der Überlagerung durch jüngere Gesteine - stattgefunden haben müssen. Einen Beleg dafür bildet der Erzkörper Bognari, der als ein Erosionsprodukt von höheren Teilen des Anayatak-Erzkörpers betrachtet werden kann.

[+] Dissertation an der Freien Universität Berlin

[++] Anschrift des Verfassers: Dipl.-Geol. Nevzat Özgür, Institut für Angewandte Geologie, Freie Universität Berlin, Wichernstr. 16, D-1ooo Berlin 33

Der Erzmineralbestand der Lagerstätte Murgul ist relativ monoton: Quantitativ herrscht Pyrit vor. Als Wertmineral ist Kupferkies weit verbreitet. Zinkblende und Bleiglanz treten nur lokal und sporadisch auf. Fahlerz ist mikroskopisch nachzuweisen. Qualitativ lassen sich Reicherz, stockwerkartiges Netzerz, Brekzienerz und quantitativ vorherrschendes Imprägnationserz unterscheiden. Dabei sind im zeitlichen Vergleich mit den verschiedenen Alterationsarten eine weitverbreitete Erzimprägnation des gesamten Gesteines (Phase I), eine Stockwerkvererzung (Phase II) und jüngste Mobilisate (Phase III) festzustellen. Darüberhinaus ist eine IV. Phase der zementativen und oxidativen Erzanreicherung lokal zu beobachten.

Aus den gesteinsgeochemischen Untersuchungen geht hervor, daß die Anreicherung von Cu, Zn, Pb, As, Sb, Ag, Au, Ba und F und Verarmungen an Mn, Ti, Na, K, Ca, Rb und Cs in den alterierten Tuffen im Vergleich zum hangenden, tauben Dazit einen Halo-Bereich um die Kernzonen der beiden Erzkörper bilden und auf eine hydrothermale Alteration durch die aufsteigenden Lösungen hinweisen.

Daneben deutet die Abreicherung der wichtigsten Spurenelemente im Kupferkies, bis auf Se und Tl, in Çakmakkaya gegenüber Anayatak und Umgebung auf eine intensivere Alteration dieses Erzkörpers hin. Die Co/Ni-Verhältnisse in den Pyriten von Murgul erlauben, eine subvulkanische Entstehung und eine genetische Verwandtschaft mit Madenköy anzunehmen. Außerdem weisen Cu/As- und Ag/As-Verhältnisse im Kupferkies eine genetische Ähnlichkeit mit Madenköy und Undu, Fiji-Inseln, auf.

Die Anreicherung von Fluor sowie die Abreicherung der Elemente Mn und Ti in den alterierten Tuffen eignen sich als gesteinsgeochemische Indikatoren für die mit der Alteration verbundene Vererzung. Als weiterer geochemischer Hinweis bieten die relativ hohen Edelmetallgehalte (Ag und Au) einen genetischen Vergleich mit analogen Lagerstätten vom Inselbogen-Typus an. Diese plattentektonische Position ist schon mit den Ti/Cr-Ni-Verhältnissen in den frühen Spiliten (UBS) angedeutet.

Die Lagerstätte Murgul läßt sich demnach durch feldgeologische und erzmikroskopische Beobachtungen sowie durch die geochemischen Ergebnisse einem subvulkanischen Typus zuordnen, der im Zusammenhang mit dem oberkretazischen Inselbogen-Vulkanismus unter vorwiegend festländischen Bedingungen entstand.

ABSTRACT

The copper deposit Murgul/NE Turkey is located about 2o km northeast of the seaport Hopa in the northeastern part of the Pontides, which, according to the plate tectonic concept, represents an island arc that was located south of the Pontic Continent during Lias and Miocene.

In concidence with the rock inventory of the East Pontides the 2ooo-3ooo m thick volcanic series can be classified into three cycles, i.e. the Lower Basic Series (UBS) and the Lower Dacitic Series (UDS) making up the first cycle, the Upper Basic Series (OBS) as the second cycle and the Upper Dacitic Series (ODS) as the third cycle. With its "stratigraphic" middle part the Lower Dacitic Series (UDS) forms the host rock of the deposit. It is com-

posed of pyroclastics with small intercalations of sediments. These pyroclastics are overlain by a 2oo-5oo m thick dacite nappe. The complete Series is classified biostratigraphically as of Senonian age.

Concerning the genesis of the deposit the two younger volcanic cycles (OBS and ODS) are of no significance. Both represent a period from Maastricht to Eocene.

An additional most intensive alteration of the host rocks affected the primary mineral assemblage by sericitization, argillitization and silification during several phases. Concerning genetical considerations the sharp lithological boundary between the altered host rock-tuff and the non-mineralized hanging wall dacite plays an important role, so far as between the formation of the deposits together with the accompanying alteration processes and the transgression of the hanging wall dacite a temporal hiatus with a short period of erosion has to be assumed.

Moreover, the funnel-shaped geometry of the alteration roots shows a local restriction of the mineralization processes of the Anayatak and Çakmakkaya orebodies in depth, which must have been taken place during a period right before the transgression of younger rocks. An evidence for this assumption represents the Bognari orebody, which can be interpreted as an erosional product of upper parts of the Anayatak orebody.

The ore mineral assemblage at Murgul is relatively uniform: pyrite is quantitatively dominating. Chalcopyrite as an economic mineral is widespread. Sphalerite and galena occur only locally and sporadically. Fahlore is proved microscopically. High grade ore, stockwork ore, breccia ore and predominating disseminated ore can be distinguished qualitatively. With respect to the temporal relation to the different alteration types following phases can be determinated: a widespread ore impragnation of the whole rocks (phase I), a stockwork mineralization (phase II) and youngest mobilizations (phase III). In addition a IV. phase of cementative and oxidative ore accumulation is observable only locally.

Geochemical investigations indicate the enrichment of Cu, Zn, Pb, As, Sb, Ag, Au, Ba and F and the depletion of Mn, Ti, Na, K, Ca, Rb and Cs within the altered tuffs. Compared with the hanging wall dacites haloes surrounding the central parts of the two orebodies have been formed pointing to hydrothermal alteration by ascending solutions.

Further more, the depletion of the major trace elements, excluding Se and Tl, in chalcopyrites of Çakmakkaya points to a more intensive alteration of this orebody in contrast to Anayatak and adjacent occurences. Co/Ni-ratios in pyrites of Murgul allow to assume a subvolcanic formation and genetic relationship to Madenköy. In addition Cu/As- and Ag/As-ratios in chalcopyrite show genetic similarities with Madenköy and Undu, Fiji-islands.

The enrichment of fluorine as well as the depletion of Mn and Ti in the altered tuffs are useful as lithogeochemical indicators for mineralization associated with alteration. As an additional geochemical indicator the relatively high values of the precious metals (Ag and Au) leads to a genetic comparison with analogous deposits of the island arc-type. This plate tectonic position is being suggested by Ti/Cr-Ni-ratios of early spilites (UBS) too.

Hence, the Murgul deposits can be classified by fieldgeological and oremicroscopical observations and by geochemical results to the subvolcanic type connected with an Upper Cretaceous island arc-volcanism developed under predominant terrestrial conditions.

ÖZET

Murgul bakır yatağı günümüzde egemen olan plaka tektoniği teorisine göre kuzeyde bulunan Pontid kıtası önünde Liastan Miyosene kadar olan zaman aralığında oluşan ada yayını temsil eden Pontidlerin kuzeydoğu kısmında bulunan liman şehri Hopa'nın yaklaşık 2o km kadar güneydoğusunda yer almaktadır.

Yörede 2ooo-3ooo m kalınlıkta bulunan volkanik kayaçlar doğu Pontidlerin toplam kayaç kalınlığına uygun olarak üç farklı volkanik evreye ayrılmaktadır: birinci evre Alt Bazik (UBS) ve Alt Dasitik (UDS), ikinci evre Üst Bazik (OBS) ve üçüncüsü de Üst Dasitik Seriyi (ODS) oluşturmaktadır. Alt Dasitik Seri (UDS) stratigrafik olarak orta kısım ile maden yatağı ana kayacını temsil etmekte olup çok az kalınlığa sahip olan sedimanter kayaçlar içeren piroklastiklerden meydana gelmektedir. Ana kayaçlar 2oo-5oo m kalınlıktaki dasitler tarafından örtülmektedirler. Bütün seri biyostratigrafik olarak Senoniana konulmaktadır.

Üst Bazik (OBS) ve Üst Dasitik Seriyi (ODS) temsil eden ve daha genç olan her iki volkanik devreler maden yatağı jenezi yönünden bir anlam taşımamaktadırlar. Her iki devre Maestrihtienden Eosene kadar olan zaman aralığını temsil etmektedir.

Daha sonra maden yatağında oluşan ve yoğun olan yan kayaç alterasyonu bir çok fazda özellikle serisitleşme, killeşme ve silisleşme ile ana kayacın primer mineral bileşimini ortadan kaldırmıştır. Jenetik düşünceler için alterasyona uğramış maden yatağı tüfü ile onu örten cevhersiz dasit arasında bulunan çok belirgin litolojik sınır önemli rol oynamakta olup cevherleşme ve ona eşlik eden alterasyon ile cevhersiz örtü dasiti arasında kısa periyodik erozyonlarla bir zaman aralığı kabul edilmek zorunluluğu doğmaktadır.

Öte yandan Anayatak ve Çakmakkaya'da derinliğe doğru yer alan huni şeklindeki alterasyon geometrisiide mineralizasyonun lokal olarak sınırlandığını göstermekte ve böylece cevherleşmenin daha genç olan kayaçlardan önce oluşması gerekmektedir. Bunun en iyi örneğini Anayatak'ın yüksek kısımlarından erozyon ürünü olarak taşınıp biriken Bognari yatağı teşkil etmektedir.

Murgul bakır yatağındaki cevher mineralleri bileşimi oldukça monoton olup, pirit çok egemen ve kalkopirit ekonomik cevher minerali olarak fazla dağılım göstermektedir. Sfalerit ve galen lokal ve çok seyrek olarak bulunmaktadır. Fahlerz mikroskop altında görülmektedir. Qualitatif zengin cevher, stockwork cevheri, breşik cevher ve quantitatif olarak ta dissemine cevher ayırtlanmaktadır. Bu cevherlerde farklı zaman aralığında çeşitli alterasyon türlerine bağımlı olarak geniş yayılım gösteren yan kayacın impregnasyon-cevherleşmesi (Faz I), stockwork cevherleşmesi (Faz II) ve mobilizasyon (Faz III) tesbit edilmektedir. Bunun dışında IV. Faz olan oksidasyon ve sementasyona bağlı cevherleşme izlenmektedir.

Kayaç jeokimyası araştırmalarından altere olmuş tüflerdeki Cu, Zn, Pb, As, Sb, Ag, Au, Ba ve F zenginleşmesi ile Mn, Ti, Na, K, Ca, Rb ve Cs fakirleşmesinin cevhersiz örtü dasitlerine kıyasla her iki cevherleşme zonunda dispersiyon alanı oluşturdukları ve bunun aşağıdan yukarıye doğru yükselen cevherli çözeltiler kanalıyla bir hidrotermal alterasyona işaret ettiği ortaya çıkmaktadır.

Bunun yanında Çakmakkaya kalkopiritleri içindeki Se ve Tl dışındakı önemli eser elementlerin Anayatak ve Murgul çevresine oranla fakirleşmesi de bu yatağın çok yoğun bir alterasyona ugradığını göstermektedir. Pirit içindeki Co/Ni- ilişkisi murgul bakır yatağının subvolkanik oluşumuna ve jenetik olarak Madenköy ile benzerliğine işaret etmektedir. Ayrıca kalkopirit içindeki Cu/As- ve Ag/As- ilişkisi de aynı şekilde Madenköy ve Undu, Fiji-Adaları, ile jenetik benzerliklerini ortaya koymaktadır.

Altere tüfler içindeki flor zenginleşmesi ile Mn ve Ti fakirleşmesi bu elementlerin yan kayaç alterasyonuna bağlı cevher prospeksiyonunda jeokimyasal indikatör olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca yataktaki relatif yüksek olan Ag ve Au içerikleri de ada yayı tipi maden yatağı ile bir kıyaslamanın yapılabileceğini göstermekte olup bir jeokimyasal özellik olarak değerlendirilebilir.

Murgul bakır yatağı böylece arazi ve cevher mikroskopisi gözlemleri ile jeokimyasal araştırmaların sonucu olarak bir subvolkanik cevher yatağı oluşumuna işaret etmekte olup, üst Kretase de ada yayı volkanizmasi ili ilişkin olarak kıtasal şartlar altında meydana gelmiştir.

VORWORT

Die vorliegende Arbeit wurde am Institut für Angewandte Geologie der Freien Universität Berlin und am Hahn-Meitner Institut für Kernforschung Berlin GmbH im Bereich Kernchemie und Reaktor (Arbeitsgruppe Geochemie) im Rahmen des EG-Forschungsprojektes Nr. 117-8o MPP D "Geochemical Proximity-Indicators for Strata-Bound Non-Ferrous Massive Sulphide Ore Deposits" angefertigt.

Für die thematische Anregung und Förderung dieser Arbeit sowie die ständige Hilfsbereitschaft und Betreuung bin ich meinem verehrten Lehrer, Prof. Dr. H.-J. Schneider, FU Berlin, zu besonderem Dank verpflichtet.
Er wie auch Prof. Dr. K. Germann trugen dankenswerterweise durch Korrekturen und manchen sprachlichen Ratschlag zur Gestaltung dieser Arbeit in der vorliegenden Form bei.

Der Geländeaufenthalt in den Jahren 1978, 1979 und 198o in der NE-Türkei wurde durch die großzügige Hilfe der Etibank/Ankara unter der Leitung von Herrn Dipl.-Ing. O. Güçkan (Stellvertretender Generaldirektor der Etibank) ermöglicht. Außerdem standen mir für die Geländearbeiten Mittel aus dem "Geotitel" der Freien Universität Berlin zur Verfügung. An dieser Stelle sei beiden Institutionen für die Hilfe gedankt.

Mein herzlicher Dank gilt auch Prof. Dr. K.E. Izdar, Dokuz Eylül Universitesi Izmir/Türkei für die Anregung, eine Dissertation im Ausland anzufertigen.

Die geochemische Analytik wurde in Zusammenarbeit mit den Herren Prof. Dr. P. Möller, Dr. P. Dulski, Dr. J. Luck und Dipl.-Chem. W. Szacki (Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung Berlin GmbH) und Frau B. Alberts (Institut für Angewandte Geologie der Freien Universität Berlin) realisiert, wofür ich mich sehr bedanken möchte. Darüberhinaus gilt mein Dank den Herren Prof. Dr. R. Saager/Köln und Prof. Dr. H. Wänke/Mainz für Kontrollanalysen ausgewählter Erzproben.

Den Herren Prof. Dr. C. Palacios (Chile), Dipl.-Geol. M. Dieterle, Dipl.-Geol. W. Schütz, Dipl.-Min. U. Hein und Dipl.-Min. R. Wolter sowie allen Angehörigen des Institutes für Angewandte Geologie der Freien Universität Berlin danke ich für förderndes Interesse, stimulierende Kritik und anregende Diskussionen.

Letztlich bedanke ich mich bei Frau Christina Schmidt für ihre ständige Hilfe bei der sprachlichen Gestaltung und der Reinschrift der vorliegenden Arbeit.

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.	EINLEITUNG	1o
1.1	Der geologische Rahmen des Arbeitsgebietes	1o
1.2	Das engere Untersuchungsgebiet und seine Geomorphologie	13
1.3	Kenntnisstand zur Geologie und Lagerstättenkunde	15
1.4	Problemstellung und Aufgaben für die vorliegende Arbeit	2o
2.	STRATIGRAPHIE UND PETROGRAPHIE	21
2.1	Das Problem der stratigraphischen Gliederung	21
2.2	Zur Stratigraphie der Umgebung	22
2.3	Die vulkano-sedimentäre Abfolge im Raum von Murgul	27
2.3.1	Die Untere Basische Serie (UBS)	27
2.3.2	Die Untere Dazitische Serie (UDS)	29
2.3.2.1	Dazitische Aschentuffe	29
2.3.2.2	Tuff-Sandstein-Kalkformation	31
2.3.2.3	Roter und grüner Dazit	32
2.3.3	Die Obere Basische Serie (OBS)	32
2.3.3.1	Vulkanische Konglomerate (Agglomerate)	33
2.3.3.2	Tuff-Kalk-Einschaltungen	34
2.3.3.3	Andesit und Andesit-Agglomerate	34
2.3.3.4	Rhyolit und Rhyodazit	35
2.3.3.5	Kalk-Mergel-Formation	35
2.3.4	Die Obere Dazitische Serie (ODS)	36
2.3.4.1	"Flysch"-ähnliche Sedimente	36
2.3.4.2	Jüngste Andesite und Dazite	38
2.3.4.3	Mikrogranit	39
3.	ZUR ALTERATION DER VULKANO-SEDIMENTÄREN NEBENGESTEINE	4o
3.1	Räumliches und zeitliches Auftreten der Alteration	4o
3.2	Petrographische Beobachtungen im Lagerstättenbereich	42
3.2.1	Argillitisierung (Tonmineralbildung)	42
3.2.2	Serizitisierung	43

Seite

3.2.3 Silifizierung 44
3.2.4 Mikrothermometrie 44
3.3 Die Alteration der anderen Vulkanit-Serien 45

4. DIE LAGERSTÄTTE MURGUL 47
4.1 Bergwirtschaftliche Geschichte 47
4.2 Produktion und Erzvorräte der Lagerstätte 48
4.3 Form, Größe und Struktur der Erzkörper 49
4.4 Die Erzvorkommen von Akarşen 52
4.5 Erzinhalt 53
4.5.1 Erzparagenesen 53
4.5.2 Erzmikroskopische Untersuchungen 55
4.5.3 Räumliche und zeitliche Entwicklung der Erztypen 6o

5. GEOCHEMIE 64
5.1 Bisher durchgeführte Arbeiten 64
5.2 Probenahme und Aufbereitung 65
5.3 Aufschlußverfahren 69
5.4 Analysenmethoden 7o
5.5 Geochemie der Vulkanite 72
5.5.1 Spurenmetalle 76
5.5.1.1 Spurenmetalle im engeren Lagerstättenbereich 76
5.5.1.2 Spurenmetalle in der weiteren Umgebung 85
5.5.2 Alkali- und Erdalkali Elemente im engeren Lagerstättenbereich . 87
5.5.3 Seltenerd-Elemente (SEE) 9o
5.5.3.1 Seltenerd-Elemente im engeren Lagerstättenbereich 9o
5.5.3.2 Seltenerd-Elemente in der weiteren Umgebung 95
5.5.4 Fluor 99
5.6 Geochemie der Sulfiderze 1o4
5.6.1 Pyrit 1o5
5.6.2 Kupferkies 1o9
5.6.3 Zinkblende 114

Seite

6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE 116

6.1 Geochemische Parameter der Vulkanite 116

6.2 Geochemische Parameter der Sulfiderze 117

6.3 Geochemische Indikatoren zur Erzhöffigkeit 117

6.4 Zur Genese der Lagerstätte Murgul 12o

7. LITERATURVERZEICHNIS 127

Anhang:

Vulkanite und Sedimentite (Urliste) Tab. I^a-V

Statistische Kenngrößen der Vulkanite und Sedimentite Tab. VI-IX

Analysendaten der Sulfiderze Tab. X-XVI

Statistische Kenngrößen der Sulfiderze Tab. XVII-XIX

Gesteinsgeochemische Traverse über den Lagerstättenbereich Murgul Taf. 1-4

Bohrprofile von Anayatak und Çakmakkaya Taf. 5-6

Photos Taf. 7-1o

1. EINLEITUNG

1.1 Der geologische Rahmen des Arbeitsgebietes

Die Pontiden begrenzen das anatolische Hochland im Norden gegen das Schwarze Meer. Nach der derzeit anerkannten geotektonischen Gliederung Anatoliens (KETIN & CANITEZ 1972) stellen sie das jüngste Bauelement im nördlichen Kleinasien dar, welches als die östliche Fortsetzung der Balkaniden betrachtet wird. Südlich davon schließen sich die Anatoliden an, welche die ältesten Bauelemente Kleinasiens mit verschiedenen Kristallinkernen enthalten. Weiter nach Süden folgen sodann zwei geotektonisch jüngere Struktureinheiten (die Tauriden und Iraniden), die den Übergang zur Syrischen Tafel bilden, (Abb. 1).

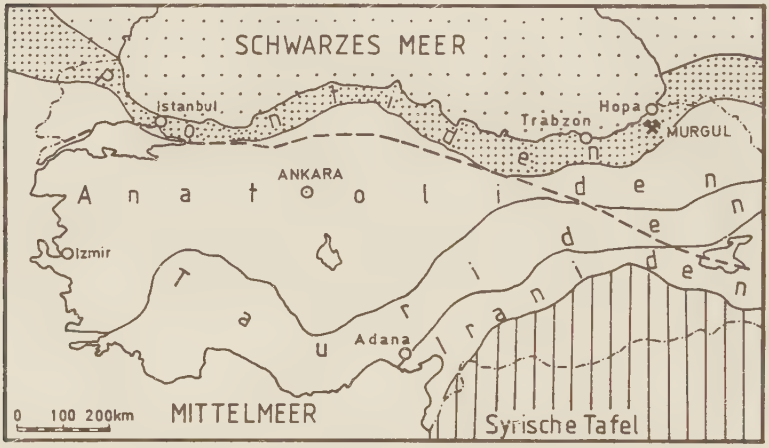


Abb. 1: Geotektonische Gliederung Anatoliens (generalisiert nach KETIN & CANITEZ 1972).
--: Nordanatolisches Lineament
Punktiert: Pontische Mikroplatte

Einen großangelegten Versuch, durch stratigraphische und paläogeographische Detailuntersuchungen den tektonischen Aufbau Anatoliens eingehender zu klären, unternahm als erster BRINKMANN (1966). Nach seiner Auffassung ist das Präkambrium nur im Bitlis-Massiv in SE-Anatolien nachgewiesen. Alle anderen Strukturelemente Anatoliens werden von Sedimenten, Vulkaniten, Magmatiten und Metamorphiten des Phanerozoikums aufgebaut. Mit Sicherheit sind im gesamten Anatolien nur die varistische und die alpidische Orogenese nachweisbar.

Zwischen den Pontiden und den sich südlich anschließenden großtektonischen Einheiten verläuft eine regional-geologisch bedeutsame Struktur, das sogenannte "Nordanatolische Lineament" (BRINKMANN 1966). Es beginnt im Südosten, nördlich des Bitlis-Massives, und streicht zunächst nach Nordwesten, damit die Iraniden, Tauriden und Anatoliden querend, um mit Annäherung an die Pontiden in W-E Richtung umzubiegen. In Form einer Blattverschiebung ist es noch heute als bedeutendes Erdbebenlineament aktiv. Diese geotektonische Linie erster Ordnung markiert nach BRINKMANN (1966), AKIN (1978) u.a. die Trennungszone zwischen der anatolischen Mikroplatte im S und der pontischen Mikroplatte im N.

Der plattentektonischen Konzeption zufolge ist der größere Teil der pontischen Mikroplatte gegen Ende des Mesozoikums abgesunken und bildet heute den Untergrund des Schwarzen Meeres. Die Pontiden am Nordrand des anatolischen Festlandes repräsentieren demnach etwa die südliche Begrenzung des alten pontischen Kontinents, jedoch nur noch in Form eines vorgelagerten "Inselbogens" (ASLANER 1977, AKIN 1978). Dieser erfuhr dann während der jüngeren alpidischen Phasen eine weitere tektonische Untergliederung, nämlich in die äußeren und inneren Pontiden (s.S. 12).

Zwischen die derart entwickelten Großstrukturen und die Kristallinmassive der Anatoliden schaltet sich noch ein regional-geologisch bedeutsamer Ophiolit-Gürtel ein. Er markiert die gegen Ende des Mesozoikums sehr mobile Grenze am Südrand der Pontischen Mikroplatte (Abb. 2) und deutet

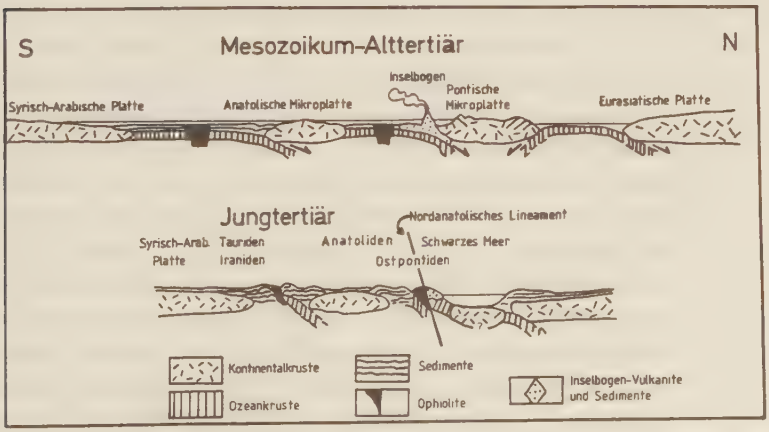


Abb. 2: Schematische Verteilung von Kontinent- und Ozeankruste in der östlichen Tethys nach der plattentektonischen Theorie (umgezeichnet nach AKIN 1978 und ergänzt)

damit den Beginn jeder plattentektonischen Entwicklung an, die für die bis ins Miozän vorherrschende vulkanische Aktivität bedingte (s.S.12o).

Das "Pontische Gebirge" bildet morphologisch und geologisch die Nordgrenze des Anatolischen Hochlandes als ein typischer Randgebirgszug entlang der Südküste des Schwarzen Meeres. Regional stellt es die Verbindung zwischen den Balkaniden im Westen und dem Kaukasus im Osten dar. Der in der Nähe von Samsun in das Schwarze Meer mündende Fluß Yeşilirmak bildet generell die Grenze zwischen den Westpontiden und den Ostpontiden. Die im folgenden ausführlicher betrachteten Ostpontiden werden im Süden etwa durch den Verlauf der Flüsse Kelkit und Çoruh gegen das Anatolische Hochland geographisch begrenzt.

Die Pontiden werden nach BRINKMANN (1976) durch die zeitlich unterscheidbare Prägung der alpidischen Faltungsphasen in die äußeren Pontiden im küstennahen Bereich, die pyrenäisch gefaltet sind, und südlich davon in die inneren Pontiden, die kimmerisch gefaltet sind, untergliedert. Daraus geht hervor, daß die alpidische Faltung im Süden, im Bereich der Anatoliden, begann und sich nordwärts bis ins Tertiär fortsetzte.

Übereinstimmend nehmen KETIN (1966), BRINKMANN (1976) u.a. für das "Ostpontische Gebirge" eine jüngste, alles überprägende Pyrenäische Faltungsphase an. Der Faltengebirgscharakter der Pontiden läßt sich jedoch durch die Geländebeobachtungen nicht eindeutig bestätigen (s. S. 27). So vertreten MAUCHER et al. (1962), KRAEFF (1963), KRONBERG (1969) und AKIN (1978) die Ansicht, daß das Ostpontische Gebirge einen durch die überwiegende Bruchtektonik gekennzeichneten germanotypen Bau aufweist. Markante Bruchlinien zerlegen das ganze Gebiet in ein Mosaik von einzelnen Blöcken, die gegeneinander verkippt oder abgesetzt sein können (AKIN 1978). Die Störungen verlaufen meistens in NNE-SSW, NE-SW, ESE-WNW und SE-NW-Richtungen. Teilweise können sie auch in N-S und E-W Richtungen auftreten. Diese Bruchsysteme bildeten offensichtlich auch die Förderspalten für jüngere Generationen vulkanischer Eruption und hydrothermaler Lösungen. Daneben erwähnt GÖKSU (1974) auch lokale Domstrukturen und Flexuren. Solche flexurartigen Verbiegungen sind auch im näheren Arbeitsgebiet um die Lagerstätte

Murgul zu beobachten. Vermutlich wurden sie für einige Autoren der Anlaß, in solchen lokalen Strukturen echte Falten zu sehen.

Das Gesteinsinventar der Ostpontiden wird überwiegend von 2ooo bis 3ooo m mächtigen Vulkaniten repräsentiert, denen nur örtlich geringmächtige marine Sedimente eingeschaltet sind. Damit steht dieser Gebirgsteil paläogeographisch-faziell in einem deutlichen Gegensatz zu den Westpontiden, an deren Aufbau fast ausschließlich "flyschartige" Sedimente beteiligt sind. Die lithologische Bezeichnung "Flysch", wie sie von vielen Autoren benutzt wurde, entspricht jedoch nicht der generell anerkannten Definition (s.S. 36). Tatsache ist jedoch, daß sich die Verbreitung der vorherrschenden Vulkanit-Serien etwa auch mit der Verbreitung der Buntmetallvorkommen in den Ostpontiden deckt. Von einigen kleineren Vorkommen in den Westpontiden abgesehen, konzentrieren sich die Buntmetall-Lagerstätten auf die gesamte Erstreckung der Ostpontiden und die dort dominierenden Vulkanite von Oberkreide-Alttertiär-Alter. Sofern in diesem Raum von einem Metallotekt gesprochen werden kann, ist seine Entwicklung offensichtlich an diesen relativ jungen "Inselbogen-Vulkanismus" gebunden, wie AKIN (1978) eingehender dargelegt hat.

1.2 Das engere Untersuchungsgebiet und seine Geomorphologie

Die Kupferlagerstätte Murgul als Schwerpunkt der Untersuchungen liegt ca. 2o km südöstlich der Hafenstadt Hopa im östlichen Teil des Pontischen Gebirges nahe der Grenze zur UdSSR (Abb. 3). Der Landschaftscharakter wird geographisch durch den Übergang vom Mittelgebirge zum Hochgebirge geprägt. Die küstennahen Erhebungen erreichen Höhen um 2ooo m und leiten südwärts in das Tatos-Gebirge über, das im Kaçkar Dağ mit 3937 m den höchsten Gipfel aufweist. Dieser Hochgebirgsbereich liegt nur in etwa 4o km Luftlinie von der Küste des Schwarzen Meeres entfernt. Da sich diese Reliefenergie erst vom jüngeren Neogen an bis in das Quartär durch eine intensive epirogene Hebung entwickelt hat, wirkt das große Granadiorit-Massiv des Tatos-Gebirges als eine Art hydrographische Barriere. So umfließt der einzige größere Fluß des ganzen Gebietes, der Çoruh (Fluß), das Tatos-Gebirge auf etwa 2oo km Länge im Süden und biegt erst am Ostrand des Gebirges nach Norden, um dann nach

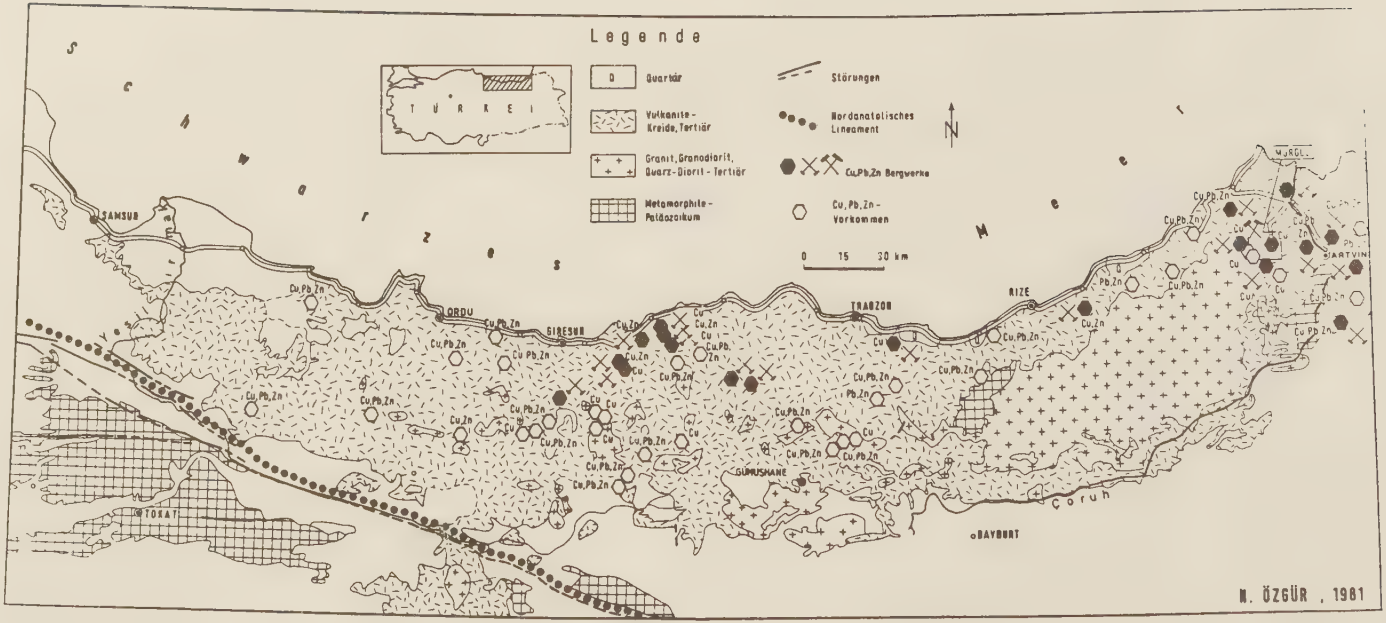


Abb. 3: Geologische Übersichtskarte des Ostpontischen Gebirges

weiteren 1oo km bei Batum (UdSSR) in das Schwarze Meer zu münden. In seinem Verlauf nimmt er am Nordostende des Tatos-Gebirges bei der Kreisstadt Borçka in ca. 25o m NN den Murgul Dere auf, der das engere Arbeitsgebiet um die Lagerstätte Murgul entwässert.

Die Landschaft ist morphologisch durch die steilen Nebentäler des Murgul Dere stark zergliedert. So erstrecken sich die Tagebaue der Lagerstätte Murgul an einem steilen Berghang in ca. 12oo m NN und werden noch von Bergen zwischen 2ooo und 25oo m überragt, während die Bergbau-Siedlung Göktaş (Murgul) in etwa 35o m NN auf dem Talgrund des Murgul Dere liegt. Diese Höhenunterschiede auf relativ kurze Distanz bedingen ein ungewöhnliches Steilrelief, welches durch die relative Nähe zur Küste des Schwarzen Meeres bedingt ist. So reichen die Nebenflüsse des Murgul Dere, z.B. Satep Dere, Lebiskür Dere, Aduca Dere, Başköy Dere mit steilen und engen Tälern bis dicht unter die Berggipfel.

Die Ostpontiden weisen, insbesondere in der Küstenregion, einen mittleren Jahresniederschlag von ca. 2ooo mm auf. Aufgrund dieses ungewöhnlichen Niederschlagsreichtums ist auch das engere Arbeitsgebiet von einem dichten Busch-Urwald bedeckt, welcher vor allem durch die Verbreitung des Schwarzmeer-Rhododendrons gekennzeichnet wird. Dieses dichte Gebüsch bildet mit dem steilen Relief zusammen ein großes Hindernis für geologische Geländearbeiten, zumal kein flächendeckendes Straßennetz existiert und nur wenige Wege vorhanden sind. Die obere Waldgrenze verläuft in ca. 2ooo m Meereshöhe.

Das fruchtbare Ackerland um die Bergbau-Siedlung Göktaş (Murgul) ist heute von Abgasen der Kupferschmelzhütte nahezu vernichtet. Der Rauch und die Abgase der Hütte (z.B. SO_2) gefährden mit der enormen Umweltverschmutzung auch die Gesundheit der dort wohnenden Menschen.

1.3 Kenntnisstand zur Geologie und Lagerstättenkunde

KIEPERT (189o) und SIMMERSBACH (19o4) erwähnten zum ersten Mal (nach AKIN 1978) die in einer geologischen Karte aufgeführten Bergbaugruben und Angaben über den Metallerzbergbau des Ostpontischen Gebirges um die Jahrhundertwende.

Einen ersten regionalgeologischen Überblick lieferte OSWALD (1912), wobei er sich vor allem stratigraphischen Problemen im damals als "Armenien" bezeichneten Raum widmete. Von der "Pontusregion" führte er bereits Fossilien in sandigen Mergeln und Kalken an, die ein senones Alter belegen und mit ausgedehnten Vulkanitserien verknüpft sind. Außerdem gliederte er ausführlich die Vorkommen von Tertiär, die vom Eozän bis ins Miozän biostratigraphisch nachgewiesen werden konnten. Für das Gebiet der Ostpontiden führte er bereits die Bezeichnung "Pontische Scholle" ein. In der beigefügten "Mineralkarte Armeniens" zeichnete er südlich des Ortes Bortschka (heute Borçka) ein Cu-Pb Vorkommen ein, ohne jedoch im Text die Lokalität näher zu benennen bzw. zu beschreiben.

Über lagerstättenkundliche Arbeiten vor der Jahrhundertwende sind keine schriftlichen Unterlagen zu finden. Ein Überblick über die vermutlich seit Mitte des vorigen Jahrhunderts laufenden Untersuchungen sowohl in Murgul als auch in den gesamten Pontiden wurde erstmals von ZIMMER (1938: in BUSER 1973) gegeben. Er hat, basierend auf den in der Zeit zwischen 19oo und 19o3 von der "Caucasus Copper Corporation & Co." ermittelten Daten über die alten Gruben, erstmals die Form des Erzkörpers von Murgul dargestellt und die Erzreserven bewertet.

Mit Fragen der Wiedererschließung der alten, inzwischen aufgegebenen Kupferbergwerke in Murgul und Umgebung beschäftigte sich dann ausführlicher KOVENKO (1941, 1942: in HILMER et al. 1973) und erörterte dabei auch Probleme weiterer Erkundungsarbeiten.

WIJKERSLOOTH (1946: in BUSER et al. 1973) vertrat erstmals die Ansicht, daß die meisten Ostpontischen Erzlagerstätten dem subvulkanischen Typus zugeordnet werden könnten. In der Kupferlagerstätte Murgul konnte er drei Phasen von Vererzungen unterscheiden.

Mit petrographisch-tektonischen Untersuchungen befaßte sich KLEINSORGE (1946: in HILMER et al. 1973). Er unterschied nach dem Erhaltungszustand der Plagioklase und nach der Interferenz mit einer vermeintlichen Schieferungsphase in ältere und jüngere Eruptivgesteine.

SCHNEIDERHÖHN (1955) widmete sich der Geologie des Gebietes um Murgul und der Lagerstätte. Er bestätigte die Meinung von WIJKERSLOOTH (1946), wonach die Erzvorkommen in die Gruppe der subvulkanischen Lagerstätten

einzuordnen seien. Seine detaillierten Angaben über die Cu-Verteilung in der Lagerstätte waren von besonderer bergwirtschaftlicher Bedeutung.

In einer Dissertation hat sodann KAHRER (1958) eingehendere petrographisch-erzmikroskopische Untersuchungen durchgeführt und dabei Agglomerate, Tuffe und Dazite im geologischen Rahmen der Lagerstätte Murgul ausführlicher unterteilt.

MAUCHER et al. (196o, 1962, 1968) vertraten nach regionalen Beobachtungen die Ansicht, daß das magmatische Geschehen in den Ostpontiden in drei Zyklen zu unterteilen sei und die meisten sulfidischen Lagerstätten der Ostpontischen Erzprovinz mit den Nebengesteinen syngenetisch und teilweise unter submarin-exhalativen Bedingungen gebildet wurden. Seine genetische Modellvorstellung bietet auch für die vorliegende Arbeit eine wertvolle Grundlage.

Eine weitergehende petrographische Differenzierung führte KRAEFF (1963) durch, indem er, von Murgul und seiner Umgebung bis nach Hopa gehend, 11 Gesteinsgruppen unterschied und das vulkanische Geschehen in drei Zyklen gliederte. Nach seiner Ansicht ist die Vererzung hier "hydrothermal" an Dazite gebunden.

Mit den Kupferlagerstätten der Ostpontischen Erzprovinz, ihrer Genese und wirtschaftlicher Bedeutung hat sich auch POLLAK (1968) befaßt. Nach seiner Meinung sind Verteilung, Anordnung und Form zahlreicher Sulfidlagerstätten weitgehend von einem Bruchplan abhängig.

Nach KRONBERG (1969) sind alle stratigraphischen Einheiten der Ostpontiden, vom unteren Lias bis ins obere Tertiär, fast gleichmäßig von Klüften und Störungen durchzogen. Zwei Hauptrichtungen der Bruchtektonik (NW-SE) und (NE-SE) sind eindeutig als angelegt und jung- bis posttertiär reaktiviert worden.

Ausführlicher mit lithologisch-lagerstättenkundlichen Untersuchungen befaßten sich in neuerer Zeit SAWA & SAWAMURA (197o). Sie räumten dem dazitischen Vulkanismus bei der Erzbildung eine besondere Rolle ein. Nach ihrer Ansicht entwickelten sich Faltungen und eine Verschiebungstektonik in NW-SE Richtung. Aufgrund ihrer detaillierten Untersuchungen stellten sie im engeren Bereich der Lagerstätten eine Aufwölbungszone fest, die

in eine regionale Achse mit NNE-Streichen zwischen Murgul und Hopa eingeordnet werden kann. Die Vererzungen wären demnach an den NW-Flügel dieser Aufwölbungszone gebunden. Darüberhinaus gliederten sie die vulkanitischen Serien in tieferen Teilen der Lagerstätten aufgrund eines ausführlichen Bohrprogramms und machten quantitative Angaben zur Erzverteilung und zur Form der erbohrten Erzkörper.

Als Ergebnis ihrer Arbeiten lieferten sie sehr detaillierte geologische Karten (M 1: 10000 und 1 : 50000) sowie Profilschnitte, die weitgehend als Grundlage für die geochemische Probenahme der vorliegenden Arbeit dienten (s.S. 66).

Die Untersuchungen von STERN et al. (1971) bestätigten im wesentlichen die Modellvorstellungen von SAWA & SAWAMURA (1970); sie ordneten jedoch aufgrund ihrer lagerstättenkundlichen Ergebnisse die Mineralisation einem "exhalativ-sedimentär-hydrothermalen Typus" zu.

In einem größeren wirtschaftsgeologischen Forschungsprojekt untersuchten PROKOP & SCHIEBEL (1972) die Lagerstätten des gesamten Ostpontischen Bereichs. Sie lieferten erstmals vergleichbare Daten über Erzgehalte, Reserven und Potential der gesamten Lagerstättenprovinz, wodurch sie wertvolle Anhaltspunkte für die geochemischen Untersuchungen der hier vorgelegten Arbeit boten.

Eine weitere,detaillierte Bearbeitung der Lagerstätte führte MADO (1972) durch, wobei er, abweichend von früheren Meinungen, einen Zusammenhang zwischen der Lagerstättenbindung und Mikrodiorit-Intrusionen behauptete.

Anfang der 70er Jahre befaßte sich eine Gruppe jugoslawischer Geowissenschaftler nochmals sehr ausführlich mit einer petrographischen und stratigraphischen Bearbeitung der Lagerstätte und ihrer weiteren Umgebung (BUSER et al. 1973). Sie bestätigten nochmals aufgrund von Dünnschliffuntersuchungen und petrochemischen Analysen die Existenz von drei magmatischen bzw. vulkanischen Zyklen sowie die "exhalativ-sedimentär-hydrothermale" Genese der Kupferlagerstätten. Auch diese Gruppe legte eine detaillierte geologische Karte vor, die jedoch in manchen Einzelheiten von der Kartierung der japanischen Gruppe (SAWA & SAWAMURA 1970) abweicht. Mit verschiedenen lokalen Beobachtungen bietet auch sie eine wichtige Grundlage für die vorliegende Arbeit (s.S. 25). Ein weiterer

Schwerpunkt dieser Arbeitsgruppe waren paläontologisch-mikropaläontologische Analysen der den Vulkaniten zwischengeschalteten marinen Sedimente, wodurch das senone Alter der Serien nochmals ausführlicher bestätigt werden konnte.

HILMER et al. (1973) befaßten sich im Großraum Murgul mit geologisch-lagerstättenkundlichen sowie geochemischen Bodenuntersuchungen im Rahmen eines größeren Prospektionsprogrammes. Für die benachbarte Lagerstätte Akarsen berechneten sie erstmals genau die Erzvorräte.

Eine erzmikroskopische Studie über Murgul und weitere Lagerstätten in den Ostpontiden lieferte VUJANOVIC (1974). Dabei vertrat er die Ansicht, daß in der hier interessierenden Lagerstättengruppe eines "Volcanic-sedimentary-hydrothermal" Typus zwei zeitlich unterschiedliche Vererzungsphasen auftreten, nämlich eine ältere, die mit den oberkretazischen (senonen) Vulkaniten verbunden ist und eine jüngere, die er im Zusammenhang mit den tertiären Vulkaniten als rein hydrothermale Phase ansieht.

Die umfassende petrologisch-lagerstättenkundliche Analyse der gesamten Ostpontischen Erzprovinz von AKIN (1974, 1978) trug sehr wesentlich zur Klärung der geologischen Entwicklung des Gebietes bei. Vor allem stellte er erstmals den genetischen Zusammenhang der Vulkanite und Buntmetall-Lagerstätten mit der plattentektonischen Entwicklung der Ostpontiden fest. Er belegte die petrographische Zuordnung der Vulkanite zum "Inselbogen-Typus", wodurch sich eine genetische Verwandtschaft mit den Kuroko-Lagerstätten anbot.

In einer regionalen Übersicht über die wichtigsten türkischen Buntmetall-Lagerstätten stellte auch ASLANER (1977) die Lagerstätte Murgul in die Gruppe der vulkano-sedimentären Typen. Dabei bekräftigte er die Ansicht von AKIN (1974, 1978), wonach diese Lagerstättenprovinz an eine plattentektonische bedeutungsvolle Grenze gebunden ist. Im gleichen Sinne vertrat auch DORA (1979) die Meinung, daß die großtektonische Plattengrenze und der sie charakterisierende tholeyitische oder Al-reiche Vulkanismus für die Bildung der Buntmetall-Lagerstätten ausschlaggebend war.

1.4 Problemstellung und Aufgaben für die vorliegende Arbeit

Durch die im vorangehenden Kapitel erwähnten Arbeiten zahlreicher Autoren darf die regionalgeologische Einordnung der Lagerstätte Murgul in ein plattentektonisches Konzept als gesichert betrachtet werden. Hinsichtlich einer genetischen Deutung der Erzvorkommen ergeben sich in Einzelheiten zwar noch Widersprüche, doch waren sich alle neueren Bearbeiter bisher darin einig, daß die Vererzungen an einen bestimmten oberkretazischen Vulkanitkomplex von dazitischem Chemismus gebunden seien. Während eine Gruppe von Bearbeitern mehr die "submarin-vulkanosedimentäre" Genese im Sinne des Kuroko-Typus betont, neigt die andere Gruppe stärker zu einer "subvulkanisch-hydrothermalen" Entstehung.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollte zunächst versucht werden, diese genetisch widersprüchlichen Interpretationen einer Klärung näher zu führen.

Die Lagerstätte Murgul, als das derzeit wirtschaftlich wichtigste Kupfervorkommen des Ostpontischen Metallotektes, steht zweifellos in einem engen genetischen Zusammenhang mit den anderen, zahlreichen Buntmetall-Lagerstätten des Gebietes. Im Interesse einer Übertragung geochemischer Parameter in die Prospektions- bzw. Explorationspraxis sollte versucht werden, über gesteins- und erzgeochemische Untersuchungen anwendbare Höffigkeits-Indikatoren zu ermitteln. Hierzu bot sich die Lagerstätte Murgul mit ihren beiden Tagebauen (Anayatak und Çakmakkaya) besonders an, da die Aufschlüsse in diesem Bereich ungewöhnlich günstig sind und zudem auch die Bohrkerne aus abgeschlossenen Programmen zur Verfügung stehen sollten.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit war somit eine geochemische Untersuchung von Erz und Nebengestein, wobei die Probenahme lokal über den vererzten Bereich hinaus in den unvererzten geologischen Rahmen ausgedehnt wurde.

Dazu erwies es sich als notwendig, zur genaueren Definition der geochemischen Daten fallweise auch Gesteinsdünnschliffe und Erzanschliffe heranzuziehen. Hierbei sollte in einem ersten Ansatz die Wechselwirkung bzw. relative Altersfolge von Mineralisation und Alteration beobachtet werden.

2. STRATIGRAPHIE UND PETROGRAPHIE

2.1 Das Problem der stratigraphischen Gliederung

Das Nebengestein der Lagerstätte wie auch ihre nähere Umgebung sind überwiegend aus Vulkaniten aufgebaut, die einen auffallend raschen horizontalen und vertikalen Wechsel erkennen lassen. Marine Sedimente sind hierbei nur in Linsen von m-Ausdehnung bzw. Einschaltungen geringer Mächtigkeit vertreten. Der gesamte Komplex der vererzten Zone weist eine intensive Alteration auf, die durch ihre Verkieselung, Serizitisierung und Kaolinisierung die primäre Paragenese der verschiedenen Gesteinsarten nur noch fallweise erkennen läßt. Sofern in den Sedimenten ursprünglich Fossilien enthalten waren, sind sie meist durch die sekundären Alterationsprozesse aufgelöst worden.

Darüberhinaus wurde die nähere Umgebung des Lagerstättenbereiches durch eine intensive Blocktektonik zerlegt, weshalb eine lithostratigraphische Parallelisierung nur schwer möglich ist. Ein solcher Versuch wird zudem dadurch erschwert, daß die verschiedenen vulkanischen Gesteinstypen dem bereits vorstehend erwähnten ungewöhnlich raschen horizontalen und vertikalen Wechsel unterliegen.

Der Versuch einer feinstratigraphischen Fixierung des gesamten vulkanischen Geschehens, die für die später zu diskutierende geochemische und genetische Interpretation der Mineralisationsphasen wünschenswert wäre, kann also nur auf wenig gesicherten Analogie-Schlüssen zur weiteren Umgebung des Lagerstättenbereiches aufbauen. Die "feinstratigraphische" Gliederung der vulkanischen Abfolge im engeren Lagerstättenbereich muß also mit Vorbehalten betrachtet werden.

Nach der geologischen Kartierung und den paläontologischen Untersuchungen der weiteren Umgebung der Lagerstätte (BUSER et al. 1973) treten erst in ca. 2 km Luftlinie nördlich davon, durch mehrere Störungen getrennt, in den Berghängen östlich oberhalb von Göktaş (Stadt Murgul) dickbankige fossilführende Kalke auf, die nach den vorgenannten Autoren Maastricht repräsentieren. Diese Serie reicht hangabwärts noch in das Tal des Murgul Dere (Abb. 6). Westlich davon, auf dem gegenüber liegenden Hang, stehen nach BUSER et al. (1973) wiederum Maastricht-Kalke als Unterlage eines feinklastischen, "Flysch"-ähnlichen Sedimentkomplexes an.

In topographisch tieferen Teilen dieses Bergzuges, also nahe der Talachse des Murgul Dere, zeichnen BUSER et al. (1973) ein weiteres, geringmächtiges Band von Maastricht-Kalken ein, welches sich über 6 km Luftlinie südwärts bis zur Lagerstätte Akarşen erstreckt und wiederum von den "Flysch"-ähnlichen Sedimenten überlagert wird. Dieser Sedimentenkomplex ist abermals durch starke Bruchlinien von den weiter nordöstlich gelegenen Serien getrennt. Nach BUSER et al. (1973) haben die "Flysch"ähnlichen Sedimente im Hangenden der Maastricht-Kalke eine Altersstellung, die vom Ende der Oberkreide über Paläozän bis in das Eozän reichen soll. Diese marinen Sedimente treten auf der Ostseite des Murgul Dere, südlich der oben erwähnten Vorkommen östlich und nördlich von Göktaş, nicht auf.

Da zwischen den Vulkaniten der engeren Umgebung der Lagerstätte und den oben erwähnten marinen Sedimenten nirgends ein stratigraphischer Kontakt vorhanden ist und sich andererseits die lithologische Abfolge des Lagerstättenbereiches an keiner anderen Stelle wiederholt, kann nur die Annahme gemacht werden, daß der Vulkanitkomplex der Lagerstätte in das Liegende der jungkretazisch-alttertiären Sedimente zu stellen ist. Zu einer gleichen zeitlichen Einstufung kommen auch MAUCHER (1960) und AKIN (1974, 1978) aufgrund regionalgeologischer Vergleiche in den Ostpontiden. Die Frage nach einer feinstratigraphischen Fixierung der für die Genese der Lagerstätte wichtigen Obergrenze der Alteration (s.S. 40) und ihrer regionalen Parallelisierung muß also noch immer unbeantwortet bleiben.

2.2 Zur Stratigraphie der Umgebung

Auch wenn die verschiedenen Bearbeiter des Gebietes zu sehr unterschiedlichen Bezeichnungen der einzelnen Vulkanitkomplexe und teilweise zu gegensätzlichen genetischen Interpretationen gelangt sind, so kann doch für die Umgebung von Murgul wie auch für die Ostpontiden ein generelles stratigraphisch-petrographisches Schema entworfen werden.

In ein solches regionales Schema fügt sich die vulkano-sedimentäre Abfolge der Umgebung von Murgul zwanglos ein. Alle neueren Bearbeiter (MAUCHER 1960, 1962; SAWA & SAWAMURA 1970; MADO 1972 und AKIN 1974,1978)

stimmen darin überein, daß die vulkano-sedimentäre Abfolge generell in vier Serien zu gliedern ist, nämlich:

Obere Dazitische Serie (ODS)
Obere Basische Serie (OBS)
Untere Dazitische Serie (UDS)
Untere Basische Serie (UBS)

Die Untere Basische Serie (UBS) soll nach AKIN (1978) im südlichen Teil der Ostpontiden diskordant über gefalteten und metamorphen Gesteinen des Paläozoikums liegen.

Im Süden von Murgul treten als älteste Gesteine Spilite und Quarzkeratophyre mit ihren zugehörigen Tuffen auf, die, dem oben gegebenen Schema entsprechend, die Untere Basische Serie (UBS) mit einem angenommenen Alter von Jura (?) bis Unterkreide repräsentieren (Abb. 4 und 5). Ihre Mächtigkeit wird auf 1oo bis 25o m geschätzt (BUSER et al. 1973).

Darüber folgen die Gesteine der Unteren Dazitischen Serie (UDS) mit einer maximalen Gesamtmächtigkeit von etwa 8oo m. Dabei sind die bereits erwähnten starken Mächtigkeitsschwankungen zu berücksichtigen, wodurch sich lokal auch Mächtigkeiten von 5oo m ergeben können. Der Kontakt zwischen dem basalen quarzporphyrischen Aschentuffen und dem liegenden Quarzkeratophyr ist im südlichen Abschnitt des Murgul Dere und einiger Nebenflüsse gut aufgeschlossen (Abb. 5). Auf die weitere petrographische Untergliederung dieser komplex zusammengesetzten Serie wird auf S. 29 näher eingegangen. Sie weist eine intensive Alteration auf, wodurch der primäre petrographische Charakter nur noch schwer zu ermitteln ist.

Über dieser relativ mächtigen vulkanischen Abfolge sind im Bereich der Tagebaue Anayatak und Çakmakkaya nur wenige m mächtige und lateral stark wechselnde Sedimente aufgeschlossen, die offensichtlich nur eine horizontale Ausdehnung von wenigen 1oo m haben (SAWA & SAWAMURA 197o). BUSER et al. (1973) zeichnen in der Karte und den Profilen um Murgul noch Basalte und basaltische Agglomerate in größerer Verbreitung ein, die in dieser Ausdehnung jedoch nicht bestätigt werden können. An der Obergrenze der geringmächtigen Sedimentserie endet auffallend scharf der Einfluß der Alteration, mit der auch die Kupfermineralisation bzw. die eigentliche Lagerstättenbildung eng verbunden ist.

Im Hangenden dieser scharfen Obergrenze der Alteration folgt mit nahezu horizontaler Auflagerung ein relativ frischer Dazit von 2oo bis 5oo m

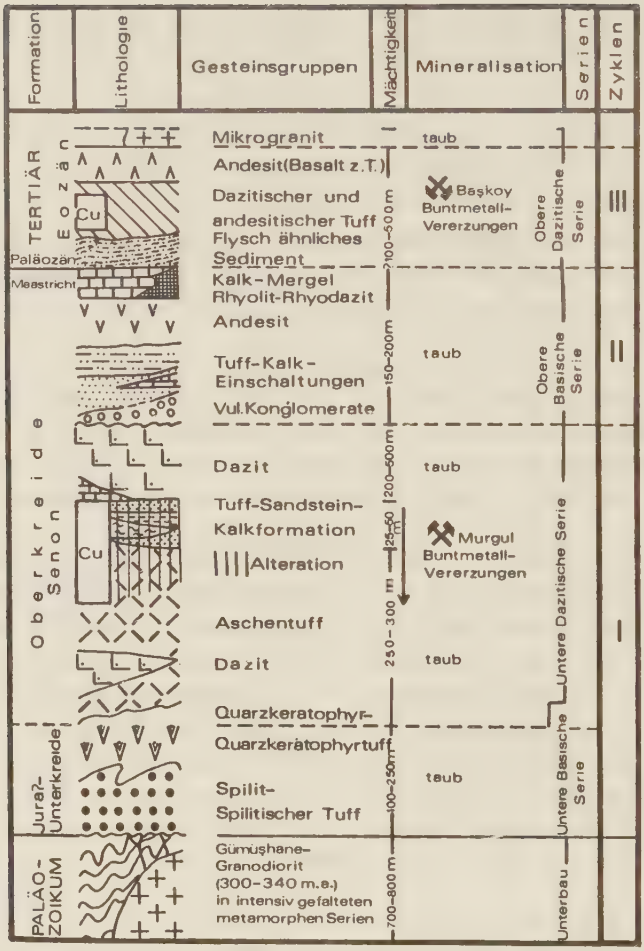


Abb. 4: Schematische Darstellung der stratigraphischen Abfolge im Lagerstättenbereich und seiner Umgebung

Mächtigkeit. Diese ungewöhnlich scharf entwickelte Grenzzone im Liegenden des mächtigen Dazitkomplexes wird noch Gegenstand ausführlicher Erörterungen sein. Mit dem Dazitkomplex ist die Untere Dazitische Serie (UDS) abgeschlossen.

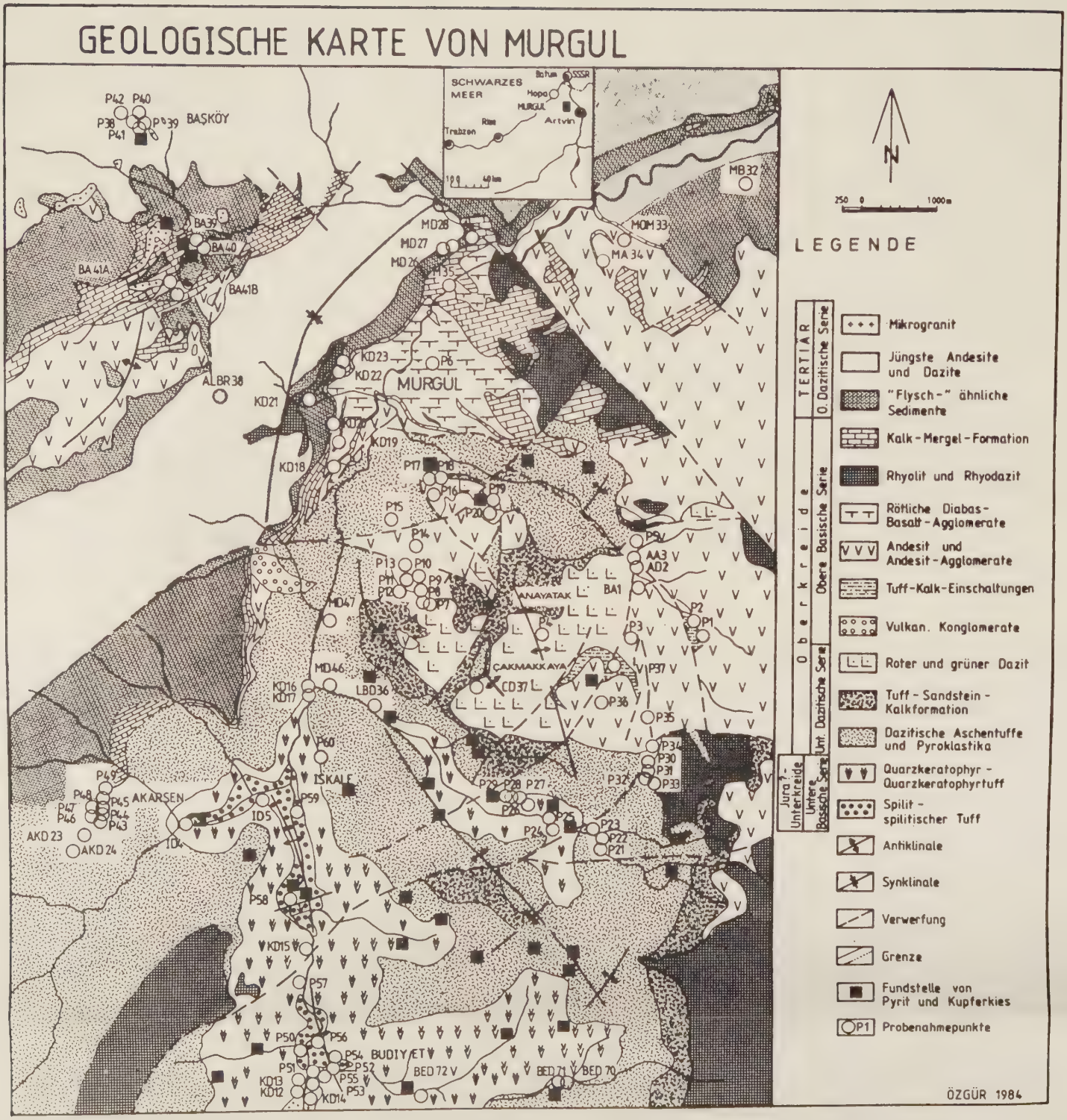


Abb. 5: Geologische Karte im Raum von Murgul (generalisiert nach SAWA & SAWAMURA 197o und BUSER et al. 1973) und Probenahmepunkte in der weiteren Umgebung der Lagerstätte
- Beprobung im Lagerstättenbereich s. Abb. 14

Die darauf folgende Obere Basische Serie (OBS) setzt diskordant dazitischen Konglomeraten, Tuffen, andesitischen Tuffen und geringmächtigen Sedimenten ein. Sie wird von Andesitdecken abgeschlossen. Ihre Mächtigkeit kann auf maximal 2oo m geschätzt werden. Sie ist für die lagerstättenkundlichen Betrachtungen ohne Bedeutung.

Auf dieser überwiegend vulkanischen Serie folgen dann jene Kalkkomplexe, für die BUSER et al. (1973) ein Maastricht-Alter belegen konnten. Sie treten jedoch weit außerhalb des Lagerstättenbereiches auf (s.S. 35).

In der weiteren Umgebung von Murgul folgen darauf die "Flysch"-ähnlichen Sedimente, die nochmals von dazitischen und andesitischen Tuffen sowie Andesiten und Basalten überlagert werden. Für den vulkano-sedimentären Komplex im Hangenden der Maastricht-Kalke ist paläozänes bis eozänes Alter belegt. Die Vulkanite werden generell als Obere Dazitische Serie (ODS) bezeichnet.

Nördlich der Ortschaft Başköy, ca. 7 km Luftlinie NW der Lagerstätte Murgul, tritt in diesen dazitischen und andesitischen Tuffen vom Eozän-Alter nochmals eine kleine Kupfervererzung auf, die genetisch jedoch nicht mit der Großlagerstätte Murgul in Verbindung zu bringen ist.

Als letzte magmatische Erscheinung in der Umgebung finden sich lokal kleine Gänge eines Mikrogranites. Dieser durchschlägt noch die alttertiären Serien. Trotzdem wird er nach SAWA & SAWAMURA (197o) und BUSER et al. (1973) ins Eozän gestellt.

Abgesehen von Profilen durch die Lagerstätte und ihre nähere Umgebung (KRAEFF 1963, SAWA & SAWAMURA 197o und BUSER et al. 1973) existiert bisher noch kein Profil, welches die regionalgeologischen Zusammenhänge zwischen Murgul und der Schwarzmeerküste bei Hopa darstellt. Wenn hierzu auch noch genauere geologische Kartierungen fehlen, so soll doch mit der Abb. 6 der Versuch unternommen werden, den östlichen Teil des Pontischen Gebirges in einem zusammenhängenden Querschnitt zu zeigen. Dieser Versuch muß mit allen Vorbehalten betrachtet werden, denn ihm liegen außer den lokalen Profilen der obengenannten Autoren nur die Schwarz-Weiß-Karte im Maßstab 1 : 8o.ooo von KRAEFF (1963) sowie eigene Beobachtungen zugrunde.

Im wesentlichen soll durch das Schemaprofil die zumindest in diesem

Teil der Ostpontiden vorherrschende Blocktektonik zum Ausdruck kommen. Eine alpinotype Faltentektonik, wie sie von manchen Autoren (z.B. KETIN 1966 und BRINKMANN 1976) postuliert wird, ist in diesem Gebiet nicht zu beobachten.

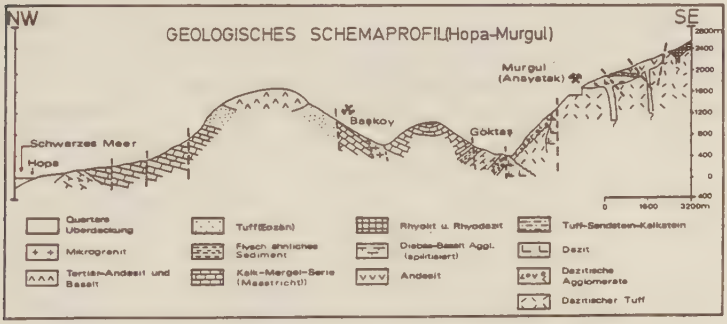


Abb. 6: Geologisches Schemaprofil zwischen Hopa und Murgul (entworfen nach KRAEFF et al. 1963, SAWA & SAWAMURA 197o, BUSER et al. 1973 und eigenen Beobachtungen)

2.3 Die vulkano-sedimentäre Abfolge im Raum von Murgul

Nachstehend wird eine kurze Beschreibung der Nebengesteine der Lagerstätte und ihrer weiteren Umgebung gegeben. Als Grundlage dazu dienen die z.T. widersprüchlichen Angaben früherer Bearbeiter, die auch mit eigenen Beobachtungen teilweise nicht übereinstimmen.

Zur Kontrolle der lithogeochemischen Analysen (s.S.28) wurden in geringer Zahl auch Dünnschliffe untersucht.

2.3.1 Die Untere Basische Serie (UBS)

Als älteste vulkanische Gesteine treten Spilite und spilitische Tuffe auf. Sie sind im Südteil des engeren Arbeitsgebietes an der Talsohle des Murgul Dere und einiger Nebenflüsse in geringer Verbreitung aufgeschlossen, wie z.B. bei der Budiyet-Brücke und der Iskalka-Brücke. Ihre Mächtigkeit ist hier nicht festzustellen; von BUSER et al. (1973)

wird sie auf 1oo bis 15o m geschätzt.

Gesteine dieses Types zeigen im Aufschluß dunkelgrüne bis grüngraue Farben.

Es überwiegen pelitische Tuffe und vulkanische Brekzien mit teilweise deutlicher gradierter Schichtung. Ihnen sind lagerartige Ergüsse und quergreifende Gänge eingeschaltet.

> Im Dünnschliff weisen die Spilite eine kryptokristalline-porphyrische bzw. felsitische Struktur auf. Der Hauptbestandteil der Gesteine ist Albit, häufig in Form von einzelnen, zwillingslamellierten Leisten, Kristallen oder überwiegend in Mikrolith-Geflechten; der Zwischenraum ist mit Chlorit und hypidiomorphen Quarzen ausgefüllt (Taf. 7.1). Kleine sekundäre Quarz- und Kalkspatgänge durchschneiden das ältere Korngefüge. Im Gestein sind blasenförmige Hohlräume gefüllt mit sekundären Mineralen wie Calzit, Chlorit und Quarz. Die Spilite enthalten als akzessorische Minerale Pyrit (oft limonisiert) und Titanit. Im Vergleich dazu deuten die Einregelung der Albitleisten in Fließgefügen der jüngeren, rötlichen Diabas-Basalt-Agglomerate (spilitisiert) auf die Bildung des Gesteines als Lava hin (Taf. 7.2).

Von diesen spilitischen Gesteinen wurden im Arbeitsgebiet 4 Proben entnommen (s.S. 68 und Urliste, Tab. II^a-II^b, Anhang).

Die spilitischen Gesteine werden von Quarzkeratophyren bzw. Quarzkeratophyr-Tuffen überlagert. Die quarzkeratophyrischen Vulkanite stehen im südlichen Teil des Murgul-Lebiskür Dere, Iskalka-Köprü und Satep Dere an (Abb. 5). Sie sind makroskopisch von den Spiliten schwer zu unterscheiden, meist heller grün gefärbt und zeigen als besonderes Merkmal eine körnige Grundmasse.

Die Mächtigkeit der Gesteinsgruppe ist im Arbeitsgebiet mit 2oo - 5oo m angegeben (BUSER et al. 1973). Ihre maximale Mächtigkeit überwiegt dort, wo keine vulkanische Brekzien im Hangenden entwickelt sind; ansonsten ist sie bedeutend geringer.

> Im Dünnschliff besteht die Grundmasse dieser Gesteine aus einem felsitischen Filz von mikrokristallinem Albit, Quarz sowie beträchtlichen Mengen von Serizit und Chlorit (Taf. 7.3). Albit ist selten frisch und meist durch leichte Koalinisierung oder vollkommene Serizitisierung umgewandelt. Nach BUSER et al. (1973) wurden in einigen Dünnschliffen auch Oligoklase sowie seltene kleine Körner (ohne Zwillingsbildung) eines wahrscheinlichen K-Feldspates beobachtet. Als Akzessorien sind Apatit, Titanit und Pyrit vorhanden.

Der obere Teil der Unteren Basischen Serie (UBS) besteht aus Quarzkeratophyr-Tuffen bzw. Brekzien. Im Gelände kann dieser Abschnitt oft

nicht leicht wegen der faziellen Ähnlichkeit von dem unteren Teil der Unteren Dazitischen Serie (UDS) unterschieden werden.

BUSER et al. (1973) haben die Untere Basische Serie (UBS) aufgrund stratigraphischer Vergleiche mit analogen Serien der Ostpontiden in Jura-Unterkreide eingestuft.

Zur geologisch-geochemischen Untersuchung wurden im Arbeitsgebiet von diesen Quarzkeratophyren bzw. Quarzkeratophyr-Tuffen 25 Proben entnommen (s.S. 68 und Urliste, Tab. II^a-III, Anhang).

2.3.2 Die Untere Dazitische Serie (UDS)

Der mit basischen Vulkaniten begonnene Zyklus setzt sich bis zum Ende der Oberkreide mit der Förderung saurer und intermediärer Laven fort. Diese sind als "Dazit Serie" bzw. "Untere Dazitische Serie" (UDS) bekannt und häufig buntmetallerzführend (MAUCHER 196o).

Die Gesteine der Unteren Dazitischen Serie (UDS) überdecken das Arbeitsgebiet von Kilise Tepe-Lebiskür Dere im Süden über den Tagebaubereich Anayatak-Çakmakkaya bis nach Aduca Dere (Abb. 5). Sie sind besonders im Lagerstättenbereich gut entwickelt.

Diese Serie kann hier vom Liegenden zum Hangenden folgendermaßen untergliedert werden:

2.3.2.1 Dazitische Aschentuffe

Die Tuffe wurden von SAWA & SAWAMURA (197o) und MADO (1972) petrographisch in Aschentuffe (Sünger tüf) und sandige Tuffe unterschieden. Demgegenüber haben BUSER et al. (1973) diesen Vulkanitkomplex aufgrund seines höheren Alters und größeren Gehaltes von Quarzphänokristallen als Quarzporphyre und Quarzporphyr-Tuffe bezeichnet. Nach eigenen Beobachtungen (s. unten) ist die Bezeichnung Dazit petrographisch korrekter, zumal den tieferen Partien der Aschentuffe auch echte Dazite eingeschaltet sind.

Die Mächtigkeit des Komplexes beträgt 25o - 3oo m. Er überlagert direkt

die Untere Basische Serie (UBS) und enthält im unteren Teil nach MADO (1972) auch Dazit-Konglomerate. Die Aschentuffe sollen nach dem gleichen Autor aus petrographisch-unterschiedlichen Tuffen bestehen, wie z.B. feinkörnigen Tuff-Sandsteinen und Konglomeraten. Diese sind vermutlich während einer Zeitspanne der Erosion und Resedimentation entstanden. Die Aschentuffe erscheinen zwar im oberen Abschnitt ziemlich massiv und homogen; für den unteren Abschnitt ist im Gegensatz dazu eine sedimentäre Bänderung charakteristisch. Als Alter für die Aschentuffe wird Oberkreide-Senon angenommen.

Der gesamte Komplex ist meistens intensiv hydrothermal umgewandelt, so daß heute hellgrün-graue und weiße Farben vorherrschen. Diese nachträgliche Alteration verwischte die primären Gefüge, in dem der ursprüngliche Mineralbestand serizitisiert, kaolinisiert, silifiziert und karbonatisiert wurde (s.S. 42). Die chemische Vollanalyse der dazitischen Aschentuffe ergab über 75 - 8o % SiO_2 nach BUSER et al. (1973).

Diese intensive Alteration des vorwiegend höheren Abschnittes könnte auch erklären, warum die vorgenannten Bearbeiter des Lagerstättenbereiches vor allem für diesen Teil der Vulkanitabfolge zu unterschiedlichen petrographischen Bezeichnungen gekommen sind. Aus der geschilderten Vielfalt der makroskopisch meist nur schwer unterscheidbaren Vulkanite wurden nur einige Proben im Dünnschliff untersucht. Nachfolgend wird als Beispiel der vorherrschende Typ des dazitischen Aschentuffes nach mikroskopischen Untersuchungen beschrieben.

> Im Dünnschliff erscheint die Grundmasse des Gesteins als körniges Aggregat von Quarz, Kaolin und Serizit, welches durch Rekristallisation entstanden ist (Taf. 7.4). Größere Quarze, vermutlich Reste der primären Paragenese, zeigen an den Kanten deutliche Rundungen, die auf Wirkungen der Schmelze zurückgeführt werden können. Bei diesen alten Porphyroblasten fällt ein feinkörniger Quarzsaum auf, der auch vermutlich in einem Spätstadium der Alteration gebildet wurde. Als Akzessorien sind Pyrit, Titanit und Apatit sehr häufig vorhanden. Die Apatite treten in den dazitischen Aschentuffen überwiegend in kleinen nadeligen Kristallinen auf und können vermutlich als Fluorträger angesehen werden (Taf. 7.5).

Zu geologisch-geochemischen Detailuntersuchungen wurden im Arbeitsgebiet von diesen dazitischen Aschentuffen 92 Proben entnommen (s.S. 68 und Urliste, Tab. I^a-III, Anhang).

2.3.2.2. Tuff-Sandstein-Kalkformation

Der sedimentäre Gesteinskomplex ist mit durchwegs geringer und sehr stark schwankender Mächtigkeit zwischen die o.g. Pyroklastika und die hangenden Dazitlaven eingeschaltet. Seine Verbreitung scheint auf den engerechen Bereich der Lagerstätte und das südlich sich anschließende Gebiet beschränkt zu sein, wie SAWA & SAWAMURA (197o) sowie MADO (1972) angeben. BUSER et al. (1973) fassen diesen, an sich recht charakteristischen Gesteinskomplex noch mit den liegenden Serien als "quarzporphyrischer Tuff mit Lagentextur" zusammen. Von SAWA & SAWAMURA (197o) und MADO (1972) werden diese Gesteine in untere sandige Tuffe, Violett-Tuffe, gebänderte Tuffe und obere sandige Tuffe unterteilt. Wegen des Abbaufortschrittes in den Tagebaubereichen konnten die verschiedenen Gesteinsvarietäten nicht mehr beobachtet und unterteilt werden. In den Jahren 1978 bis 198o war am Stoß des Tagebaues lediglich eine 2 - 3 m mächtige, intensiv kaolinisierte Lage aufgeschlossen, die petrographisch nicht weiter untergliedert werden konnte.

Der gesamte Komplex soll eine Mächtigkeit zwischen 2o und 5o m aufweisen und nach MADO (1972) rotbraune Mergel, Chert, Kalksteine, großkörnige Quarze, Sandsteine und Konglomerate enthalten. Letztere sollen auch alterierte Pyroklastika enthalten. Der gleiche Autor beschreibt vom unteren Teil dieses Komplexes Violett-Tuffe und Kalkeinschaltungen, die er aufgrund von Mikrofossilbefunden (*Globotruncana Lapparet-Gruppe, Globotruncana cf. Arce Cusman, Globigerina sp.*) in das Senon einstuft.

Im Bereich der Tagebaue ist nach BUSER et al. (1973) im Hangenden der bisher beschriebenen Gesteine ein Horizont eines feinkörnigen Tuffes mit typischer Lagentextur eingeschoben. Nach dem gleichen Autor hat dieser Tuff überhaupt als Stauhorizont für hydrothermale Lösungen gewirkt und soll deshalb für den obersten Teil des liegenden Pyroklastit-Komplexes die intensivere Vererzung verursacht haben. MADO (1972) sieht mindestens für den oberen Teil dieses Sedimentpaketes einen Hinweis auf Flachmeerfazies.

Zur Entstehung dieser sehr wechselvollen Sedimenteinschaltungen wird schon jetzt darauf hingewiesen, daß sie in jedem Falle eine relativ kurze aber sehr intensive Phase der Erosion und Resedimentation reprä-

sentieren, wobei sich durch einige Tuff- und Kalkeinschaltungen zum ersten Mal direkt ein marines Milieu nachweisen läßt. Außerdem muß schon hier betont werden, daß die intensive Alteration sehr scharf mit der Obergrenze dieses Komplexes abschließt. Mit der Obergrenze der Alteration hört auch die Vererzung auf (Abb. 4 und 13).

2.3.2.3 Roter und grüner Dazit

Über den vorstehend beschriebenen Sedimenteinschaltungen folgt mit starkem Kontrast ein mächtiger Dazitkomplex, der auch schon feldgeologisch durch den guten Erhaltungszustand seiner Primärparagenese auffällt. Er ist offensichtlich auf den Bereich der Lagerstätte beschränkt, baut jedoch noch den gesamten Gipfelstock des Kara Tepe (1679 m) im Osten der Lagerstätte auf. Daraus ergibt sich eine Mächtigkeit der Dazitlaven von ca. 2oo bis 5oo m (Abb. 5). Nach BUSER et al. (1973) soll der Dazit noch bis in das Maastricht reichen.

Der Dazit ist meistens rötlich und seltener grünlich gefärbt, wobei lokal beide Farbvarietäten nebeneinander auftreten können. Schon im Aufschluß ist zu beobachten, daß die Rotfärbung, durch Hämatitisierung verursacht, von feinen Haarrissen ausgeht, also sekundärer Natur ist.

> Im Dünnschliff ist die Grundmasse des Dazites mikro- und kryptokristallin. Der Hauptbestandteil der Grundmasse ist feinkörniger Quarz, gemischt mit glasigen Anteilen, Serizit und eine unbestimmbare Fe-haltige Substanz. Er setzt sich aus Plagioklas (Albit-Oligoklas), Orthoklas sowie sehr feinkörnigem Amphibol bzw. Pyroxen (Taf. 7.6) zusammen. Die Feldspatidioblasten sind schwach umgewandelt und lokal durch Kaolinit, Serizit und Calzit verdrängt. Der quantitativ bedeutende Quarz kommt in großen unregelmäßigen, korrodierten Kristallen vor. Als Akzessorien treten vor allem Apatit und Zirkon auf.

Eine Vollanalyse des Dazites ergab nach BUSER et al. (1973) ca. 66 %SiO_2.

Von diesen Daziten wurden im Arbeitsgebiet zu weiteren geologisch-geochemischen Untersuchungen insgesamt 29 Proben entnommen (s.S. 68 und Urliste, Tab. I^a - III, Anhang).

2.3.3 Die Obere Basische Serie (OBS)

Der zweite magmatische Zyklus (OBS) setzt in der höheren Oberkreide wieder mit Basalten ein und schließt noch im Maastricht mit saurem

Vulkanismus ab. Als zeitliche und petrochemische Analoga werden die großen Granodiorit-Intrusionen der Ostpontiden betrachtet (MAUCHER et al. 1962, AKIN 1978).

Die Obere Basische Serie (OBS) des weiteren Arbeitsgebietes wird nach SAWA & SAWAMURA (197o) und MADO (1972) derart abgegrenzt, daß die rhyolitische Formation samt den zeitlich analogen Kalken bereits zur ODS gehören sollte.

Die ausführlichen biostratigraphischen Untersuchungen von BUSER et al. (1973) belegen jedoch ein Maastricht-Alter für den gesamten Gesteinskomplex. Im Sinne einer einheitlich ablaufenden magmatischen Differentiationsreihe erscheint es somit sinnvoller, den sauren Vulkanismus als Abschluß der OBS zu betrachten. Aus diesem Grunde wird dieser Komplex im Gegensatz zu SAWA & SAWAMURA (197o) und MADO (1972) noch zur OBS gestellt (Abb. 4). Diese Gliederung sei hier nur als Vorschlag verstanden, da eigene intensive Geländeuntersuchungen hierzu nicht durchgeführt wurden. Die einschlägigen Aufschlüsse liegen weiter entfernt von der Lagerstätte und wurden deshalb nur kursorisch begangen. Eine Klärung dieses stratigraphischen Problems gehört auch nicht zur Aufgabe der geochemisch-lagerstättenkundlichen Arbeit.

2.3.3.1 Vulkanische Konglomerate (Agglomerate)

Sie sind im Nordwesten von Bognari (Tagebaubereich) und westlich des Murgul Dere aufgeschlossen (Abb. 5 und 14). Nach MADO (1972) sollen sie Gerölle silifizierter Gesteine mit disseminiertem Kupferkies, Pyrit und Quarz-Hämatit bei Durchmessern bis zu 2o cm enthalten. Nach Meinung des Autors sollen zwar Quarz-Hämatit und Kupfererzgerölle den Kupferkieserzen von Anayatak und Çakmakkaya ähneln, die massiven Pyritgerölle sollen sich jedoch von den Pyriterzen des Tagebaubereiches unterscheiden. Nach dieser Auffassung müßte die Lagerstätte (Anayatak und Çakmakkaya) vor der Entstehung der "Oberen Basischen Serie" (OBS) gebildet worden sein.

Charakteristisch scheint für diese Agglomerate ein sporadisches Auftreten zu sein. Aus den wenigen isolierten Vorkommen könnte geschlossen

werden, daß diese Agglomerate nur in einzelnen Strömen und nicht in flächenhaft verbreiteten Decken entstanden sind. Im Zusammenhang damit ist auch ihre geringere Mächtigkeit von 2 bis 5 m zu verstehen.

2.3.3.2 Tuff-Kalk-Einschaltungen

Diese Sedimentabfolge, in die einige geringmächtige Kalkbänke eingeschaltet sind, führen an der Basis Tuffe mit dazitischem Charakter (MADO 1972). Sie sind auch in der Umgebung von Anayatak und Çakmakkaya aufgeschlossen. (Abb.14). SAWA & SAWAMURA (197o) vermuten in dieser Gesteinsfolge Produkte der Aufarbeitung und Resedimentation der "Unteren Dazitischen Serie "(UDS).

Diese gesamte Sedimentabfolge ist durchwegs geringmächtig (ca. 5 bis 1o m) und nur sehr lückenhaft aufgeschlossen.

2.3.3.3 Andesit und Andesit-Agglomerate

In dieser Formation tritt der Vulkanismus in Form von Agglomeraten und andesitischen Laven deutlich hervor. Die Agglomerate bilden stets die Basis der andesitischen Laven. Die Laven bilden dann nach MADO (1972) den Abschluß der "Oberen Basischen Serie" (OBS). Nach MADO (1972) enthalten die Andesitlaven Diorit-Xenolite, die sich jedoch von den paläozoischen Dioriten unterscheiden. Die Gesteine treten im Osten sowie im Nordosten von Anayatak und Çakmakkaya auf. Der Andesit zeigt grünliche und rötliche Farben. Er enthält fast keine Quarzkörner.

Die Grundmasse des Andesites ist im Dünnschliff feinkörnig und besteht vor allem aus Glasmatrix. Als Einsprenglinge wurden große Feldspäte mit Zonarbau und Zwillingslamellen beobachtet (Taf. 7.7). Die Feldspäte sind auffallend wenig umgewandelt. In den Dünnschliffen tritt relativ viel Calzit in der Grundmasse auf, der hier eine spätere Mineralisationsphase darstellt. Akzessorisch treten auch Apatit und Titanit auf.

Zu geologisch-geochemischen Untersuchungen wurden im Arbeitsgebiet von diesen Andesiten 15 Proben entnommen (s.S.68 und Urliste, Tab. 1^a - III, Anhang).

2.3.3.4 Rhyolit und Rhyodazit

Die Vulkanite repräsentieren die kieselsäurereichsten Differentiate des zweiten magmatischen Zyklus', der sich zeitlich noch auf das Maastricht beschränkt. Sie treten im SE und SW in größerer Entfernung von der Lagerstätte auf (Abb. 5) und sind nur auf der Höhe von Murgul in 2 bis 3 km Entfernung von den Tagebauen aufgeschlossen. In geringer Verbreitung kommen sie westlich von Murgul als Basis der "Flysch"-ähnlichen Sedimente vor (Abb. 5).

Nach BUSER et al. (1973) sollen sie über 7o % SiO_2-Gehalte aufweisen. Die Gesteine haben eine rötliche bis violette Farbe und eine typische Bändertextur.
Im Vergleich zu den im Lagerstättenbereich auftretenden Daziten der UDS weisen diese Rhyodazite eine glasige Textur auf und enthalten sehr wenig Quarz- und Feldspat-Phänokristalle.

Da diese relativ jungen Rhyolite und Rhyodazite mit der Lagerstättenbildung offensichtlich keinen Zusammenhang aufweisen, wurde auf ihre Beprobung verzichtet.

2.3.3.5 Kalk-Mergel-Formation

Diese marine Sedimentabfolge stellt offensichtlich einen Schlüssel für die stratigraphische Einordnung der "Oberen Dazitischen Serie " (ODS) dar. Nach den Beobachtungen von BUSER et al. (1973) überlagert bereichsweise der o.g. Rhyodazit die Andesite der "Oberen Basischen Serie" (OBS). Andererseits sollen verschiedene Aufschlüsse belegen, daß die Kalk-Mergel-Formation unmittelbar auf die Andesite der "Oberen Basischen Serie" (OBS) folgt. Dieses stratigraphische Problem wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter verfolgt. Möglicherweise vertreten sich Vulkanite und marine Sedimente in lateraler Erstreckung.

Die Kalke sind meist mergelig und gehen manchmal in reine Mergel über. Sie sind überwiegend bräunlich grau, nur die Lagen, die direkt auf den Pyroklastiten liegen, sind rötlich. Ihre Schichtung bzw. Bankung geht bereichsweise in massive Partien über. Die Mächtigkeit der gesamten Kalk-Mergel-Formation soll ca. 26o m betragen.

Nach BUSER et al. (1973) führen die grauen Kalksteine *Inoceramus cf. balticus Böhm, Cardiaster cf. jugatus Schlüter* und *Pseudokosmaticeras cf. aturicus Seunes. Globotruncanen* sollen in diesem Kalk sehr wenig vorhanden sein oder ganz fehlen. Demgegenüber enthalten die rötlichen Partien einzelne Individuen von *Inoceramus, Globotruncana tricanirata (Ouereau), Globotruncana conica (White), Globotruncana stuarti (de Lapparent), Globotruncana marginata (Reuss). Globotruncana cf. fornicata (Plummer), Globotruncana cf. arca Cushman, Globotruncana linneiana dOrbigny, Pithonella ovalis (Kaufmann)* und zahlreiche *Globigerinen.* Im Südwesten von Murgul haben die gleichen Autoren in Kalken zahlreiche *Echiniden* und *Rudisten (Hippuritella cornucopiae)* bestimmen können.

Diese Marine Kalk-Mergel-Formation kann aufgrund der o.g. Fossilführung dem Maastricht und damit dem Ende der Oberkreide zugeordnet werden.

Von dieser Formation wurden im weiteren Arbeitsgebiet zu geologisch-geochemischen Vergleichen 7 Proben entnommen (s.S. 68 und Urliste, Tab. II^{a} - III, Anhang).

2.3.4 Die Obere Dazitische Serie (ODS)

Der oben vorgeschlagenen neuen Gliederung bzw. Grenzziehung zwischen der OBS und ODS entsprechend (Abb. 4), schaltet sich zwischen die quantitativ vorherrschenden und namengebenden Vulkanitkomplexe eine weitere, verhältnismäßig mächtige marine Sedimentfolge ein. Sie repräsentiert biostratigraphisch den Übergang in das Paläozän. Auch aus diesem stratigraphischen Grunde erscheint die neue Grenzziehung konsequenter, da der letzte, dritte magmatische Zyklus erst nach diesem marinen Interregnum einsetzt.

2.3.4.1 "Flysch"-ähnliche Sedimente

In den gesamten Pontiden wird eine relativ mächtige, feinklastische Sedimentabfolge der Oberkreide und des Alttertiärs von zahlreichen Autoren als "Flysch-ähnlich" bezeichnet (GÖMÜŞ 197o und BRINKMANN 1976).

Soweit es die sediment-petrographischen Kennzeichen betrifft, könnte die Verwendung des Wortes Flysch noch akzeptiert werden. Nach der Defi-

nition von DZULYNSKI & WALTON (1965) verlangt jedoch die Verwendung des Begriffes Flysch auch eine große Mächtigkeit der marinen Sedimentabfolge von über 1ooo m, wobei große Wassertiefen des Sedimentationstroges ein zusätzliches Kennzeichen darstellen. Solche Kennzeichen fehlen den hier betrachteten Sedimenten in den Ostpontiden, da dieser Komplex im Durchschnitt kaum mächtiger als 2oo m wird und nur in Ausnahmefällen 3oo m erreicht.

Außerdem repräsentieren Flyschserien ein bestimmtes Entwicklungsstadium der Orogenbildung in einer Vorphase großer Deckenbewegungen. Eine geotektonische Position dieser Art ist weder für die bisher besprochenen magmatisch-vulkanischen Zyklen noch für die sie überlagernden Sedimente nach dem heutigen Untersuchungsstand zu erkennen. Das plattentektonische Konzept vom Inselbogen-Typus (Abb. 2)läßt höchstens vermuten, daß sich ein echter Flyschtrog im Bereich nördlich der Ostpontiden entwickelt hat und heute im Untergrund der pontischen Mikroplatte liegt. Nach diesen kurz angeführten Überlegungen wird für die nachstehend beschriebene Abfolge (s.u.) die Bezeichnung "Flysch"-ähnliche Sedimente hinsichtlich der üblichen Merkmale eines Flysches (DZULYNSKI & WALTON 1965) auch im Sinne von BUSER et al. (1973) vorgezogen. Derart kritische Betrachtungen sind hier angebracht, da die sedimentologische Definition auch Konsequenzen für die geotektonische Position der Ostpontischen Lagerstättenprovinz hat.

Eine Wechselfolge von grau-grünlichen und bräunlichen Mergeln, feinkörnigen (tuffitischen) Sandsteinen mit Kalklagen überlagert mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von ca. 15o bis 3oo m konkordant alle anderen älteren Gesteinskomplexe des Untersuchungsgebietes (BUSER et al. 1973). Diese Sedimentabfolge nimmt größere Flächen in der weiteren Umgebung der Lagerstätte ein. Sie ist vorwiegend im Norden von Akarşen, im Nordwesten von Göktaş und im Nordwesten von Başköy aufgeschlossen (Abb. 5). Der untere Teil dieser Schichtfolge erscheint deutlich kalkreichr als der obere, in welchem Sandsteine zum Hangenden häufiger werden und örtlich überwiegen. Der gesamte Sedimentkomplex ist stets fein geschichtet und gebändert.

Um die stratigraphische Position dieser Schichten näher festzulegen, wurden von BUSER et al. (1973) zahlreiche Dünnschliffe untersucht. Danach wurden *Globigerinen Spären, Heterohelixiden, Rotalien, Globorotalien, Operculien* und *Radiolarien* bestimmt. In einigen Dünnschliffen fanden die gleichen Autoren zweikammerige *Globotruncanen* sowie *Pithonella (Kaufmann).*

Aufgrund dieser Fossilfunde können die "Flysch"-ähnlichen Sedimente an die Wende Oberkreide-Paläozän gestellt werden.

2.3.4.2 Jüngste Andesite und Dazite

Auf dieses Interregnum mariner Sedimente folgt der dritte magmatische Zyklus, der bis in das Eozän reicht. Er beginnt mit Hornblende-Augit-Andesiten und endet mit Hornblende-Daziten. Mit dieser vulkanischen Abfolge parallelisierten BUSER et al. (1973) auch lokale Mikrogranit-Intrusionen (s.u.).

Während die ersten beiden magmatischen Zyklen (UBS und UDS sowie OBS) aufgrund ihrer Differentation von basisch nach sauer einen auffälligen Na-Reichtum zeigen, wird der Chemismus der Vulkanite des dritten Zyklus' durch eine K-Vormacht bestimmt. Dies hat ZANKL (1962) weiter im Westen im Gebiet des Harşit-Tales ausführlich belegt. Aufgrund dieses unterschiedlichen Chemismus' der magmatischen Abfolgen sollen die Vulkanite des dritten Zyklus' einem anderen Magma entstammen. Seine petrochemische Entwicklung in Richtung einer K-Vormacht soll diesen letzten Zyklus in den ganzen Ostpontiden als vorherrschenden, jüngsten Andesit-Vulkanismus charakterisieren. Ein solcher petrochemischer Wechsel im Magmentypus kann auch durch die plattentektonische Entwicklung der Ostpontiden zwanglos erklärt werden (s.S. 11).

Die im Durchschnitt ca 6oo m (lokal 45o bis 8oo m) mächtigen Schichten andesitisch-dazitischer Pyroklastite und verwandter vulkanogener Sedimente überlagern im Norden und Nordwesten von Göktaş die älteren Gesteinsserien des Gebietes (Abb. 5).

Meist massige und intensiv verschweißte, grün-grau bis dunkelgraue vulkanische Agglomerate überwiegen in dieser Schichtfolge, deren Korngrößen um 1o cm liegen. Nach BUSER et al. (1973) sind andesitische Fragmente,

die große Augite und Hornblende enthalten, für den mächtigen oberen Teil der Pyroklastite charakteristisch.

Die petrographisch gleiche Zusammensetzung von Fragmenten und Bindemitteln der Pyroklastite ist im ganzen konstant.
Generell werden keine Erscheinungen von nachträglichen Umwandlungen dieser Gesteine beobachtet.

In Einschaltungen von feinkörnigen Tuffen tritt eine deutliche Wechselfolge auf, die durch einzelne Zeilen femischer Minerale nachgezeichnet wird. Diese Bänderung läßt nach BUSER et al. (1973) Fließfalten erkennen, die als subaquatische Gleitungen gedeutet werden müssen.

Die gleichen Autoren haben aufgrund von einigen fossilführenden Zwischenlagen für diese Gesteine das Alter Paläozän angenommen.

2.3.4.3 Mikrogranit

Der Vollständigkeit halber seien hier noch aus der weiteren Umgebung der Lagerstätte zwei kleine Aufschlüsse eines Intrusivgesteines erwähnt, die BUSER et al. (1973) bei Iskalka-Köprü und Başköy fanden (Abb. 5). Der südlich von Iskalka-Köprü in Quarzkeratophyren bzw. Quarzkeratophyrtuffen der UBS aufgeschlossene Granit ist grau-grünlich und weist eine feinkörnige Struktur auf.

> Das Gestein ist aus Quarz, Plagioklas (Albit-Oligoklas) und K-Feldspat (Mikroklin) zusammengesetzt (Taf.7.8). Die Feldspäte sind meistens in Chlorit, Serizit, Kaolin und seltener in Zoisit, Epidot umgewandelt. Akzessorisch werden Titanit und Zirkon beobachtet.

Diese "Mikrogranite" sollen die sauersten Endprodukte des dritten magmatischen Zyklus' darstellen, der wahrscheinlich noch im Eozän geendet hat. Nach BUSER et al. (1973) sind die Mikrogranite als zeitliche und stoffliche Äquivalente der o.g. Hornblende-Dazite (ODS) zu verstehen. Im Gefolge dieser sauren Intrusiva sollen die Kupfererze in den andesitischen Pyroklastiten von Başköy entstanden sein.

Von Mikrograniten wurden im weiteren Arbeitsgebiet zu geologisch-geochemischen Vergleichen 3 Proben entnommen (s.S.68 und Urliste, Tab. II^b - III, Anhang).

3. ZUR ALTERATION DER VULKANO-SEDIMENTÄREN NEBENGESTEINE

3.1 Räumliches und zeitliches Auftreten der Alteration

Die Nebengesteine der Lagerstätte, nämlich die dazitischen Aschentuffe und Pyroklastika sowie die Tuff-Sandstein-Kalkformation (UDS), weisen von allen vorgenannten Gesteinskomplexen die intensivste Alteration auf. Sie verhindert sehr oft eine eindeutige Bestimmung der primären Gesteine (S. 29 ff.). Eine nachträgliche "hydrothermale" Veränderung ist zwar auch bei fast allen Vulkaniten dieser Gegend an einzelnen Mineralphasen zu beobachten, doch erreicht sie nirgends die Intensität, mit der das eigentliche Nebengestein der Vererzung umgewandelt wurde (s.Abb. 8). Die einzelnen Typen der Alteration im Lagerstättenbereich, nämlich Verkieselung, Serizitisierung, Kaolinisierung, Chloritisierung und Carbonatisierung lassen schwerpunktmäßig deutlich getrennte Bereiche erkennen, für die MADO (1972) bei dem Abbaustand in Anayatak damals sogar einen Zonenbau kartierte (Abb. 7). Diese Alteration scheint generell in den gesamten Ostpontiden mit der "schichtgebundenen" Vererzung zusammenzuhängen (DIETERLE 1985).

KAHRER (1958) hat die sekundäre Umwandlung der Vulkanite in der Lagerstätte Murgul als Propylitisierung bezeichnet, ohne dies jedoch durch eingehendere petrographische Untersuchungen näher zu belegen.

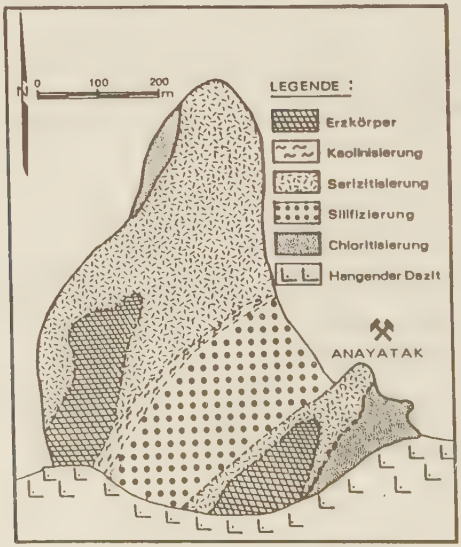


Abb. 7: Zonenbau der Alterationstypen um den Tagebau von Anayatak nach MADO (1972)

Für den Bereich der Lagerstätte wurde auch von SAWA & SAWAMURA (197o) und MADO (1972) der genetische Zusammenhang zwischen Alteration und Lagerstättenbildung erkannt. Tatsächlich sind auch die benachbarten Erzvorkommen wie z.B. Kilise Tepe im Süden, Akarşen im Westen und Aduca Dere im Nordosten stets von der intensiven Alteration des gleichen Gesteinskomplexes begleitet. Allgemein scheint diese Alteration, die im Gelände schon durch ihre hellen Farben auffällt, in ihrer Bindung an einen bestimmten Vulkanitkomplex sehr weit verbreitet zu sein und bietet sich dadurch als ein feldgeologischer Leithorizont an. Die Vererzung ist dagegen auf wenige, räumlich begrenzte Bereiche innerhalb der Alterationszone beschränkt.

Während die horizontale Verbreitung dieser Alteration auch über den Lagerstättenbereich von Murgul hinaus gut beobachtet werden kann, ist ihre Teufenerstreckung noch relativ unbekannt. Eine Serie von Flachbohrungen im Bereich des Tagebaues Anayatak hat ergeben, daß sich die Alteration hier bis in Teufen von 15o m mit abklingender Intensität nachweisen läßt, wobei jedoch die Silifizierung zur Tiefe relativ vorherrschend wird. Dieses Bohrprogramm hat außerdem gezeigt, daß die Breite der Alteration im Bereich von Anayatak von etwa 6oo m zur Teufe hin sehr stark schrumpft, also nach unten trichterförmig abnimmt. Diese Geometrie der Alterationswurzeln bietet einen Hinweis auf die Bildung der gesamten sekundären Mineralisationsprozesse.

Vom Tagebaubereich Çakmakkaya stand eine geringe Anzahl von Kernproben aus den ebenfalls durchgeführten Bohrungen zur Verfügung. Nach den wenigen erreichbaren Daten ist jedoch auch hier mit einer analogen Teufenerstreckung der Alteration zu rechnen.

Ganz im Gegensatz zu den sich schrittweise zur Tiefe hin verringernden Gesteinsumwandlungen steht die scharfe Begrenzung der Alteration gegen den hangenden Dazit. In beiden Tagebaubereichen schlagen die bleichen, vor allem durch die vorherrschende Kaolinisierung verursachten Farben innerhalb eines dm in überwiegend rote und grünliche Farbtöne des überlagernden Dazites um. Dieses Gestein wirkt im Gegensatz zu dem sekundär veränderten Nebengestein der Erze auffallend frisch. Dieser Kontrast tritt auch im Dünnschliff deutlich hervor (s.S. 32).

Der petrographische Gegensatz im Erhaltungszustand der beiden Gesteinskomplexe wird außerdem noch durch die geochemischen Befunde unterstrichen (s.S. 76).

Für genetische Oberlegungen zur Bildung der Lagerstätte spielt die scharfe petrographische Grenze eine besondere Rolle insofern, als zwischen den verschiedenen Umwandlungsprozessen im Lagerstättenniveau und dem überlagernden frischen Dazit eine zeitliche Hiatus angenommen werden muß. An keiner Stelle konnte ein Aufdringen der Alterationsfront aus dem Liegenden in den auflagernden Dazit beobachtet werden.

Die verschiedenen Prozesse der sekundären Umwandlungen im Nebengestein der Lagerstätte werden nachfolgend beschrieben. Das erscheint notwendig, da die früheren Bearbeiter der Lagerstätte (KAHRER 1958, SAWA & SAWAMURA 197o, MADO 1972 und BUSER et al. 1973) zwar die Alterationsprodukte erwähnten - und zum Teil auch kartierten (MADO 1972, s. Abb, 7) -, jedoch nie eingehender mikroskopisch untersuchten und beschrieben.

3.2 Petrographische Beobachtungen im Lagerstättenbereich

Eine ausführlichere petrographische Untersuchung der Alteration, die die Nebengesteine der Lagerstätte am intensivsten erfaßt und ihre primäre Textur stark verändert hat, ist nicht Aufgabe der vorliegenden geochemisch-lagerstättenkundlichen Arbeit. Trotzdem sollen nachfolgend die wichtigsten Beobachtungen nach eigenen Dünnschliffuntersuchungen kurz dargestellt werden.

Die Alterationsphasen bildeten im Lagerstättenbereich möglicherweise einen Zonenbau, der jedoch durch die Aufschlußverhältnisse in den beiden Tagebaubereichen derzeit nicht genauer festgelegt werden konnte. Aus diesem Grunde werden in der vorliegenden Arbeit die Alterationstypen nicht zeitlich oder räumlich, sondern nach den vorherrschenden Paragenesen beschrieben (Abb. 8).

3.2.1 Argillitisierung (Tonmineralbildung)

Dieser Prozeß ist vor allem auf die Umwandlung der im Nebengestein vorhandenen Feldspäte zurückzuführen.

Die Tonmineralbildung ist im Dünnschliff in der Grundmasse besonders mit Farbtönen von farblos bis grau-bräunlich leicht zu erkennen. Diese Tonminerale (Halloysit, Illit und Montmorillonit) liegen in der Grundmasse isoliert zwischen sekundären Quarzkristallen (Taf. 8.1). Sie durchsetzen meistens die ganze Grundmasse.

In einigen Dünnschliffen sind die Tonminerale in der Grundmasse in direkter Verwachsung mit den Erzmineralen zu beobachten. Dies könnte auf eine zeitgleiche Bildung im Alterationsprozeß hinweisen.

Durch diese Gesteinsumwandlung ist die primäre Textur des Nebengesteins verwischt. Als alte Spuren werden nur primäre Quarz-Phänokristalle mit der Rekristallisation beobachtet. Ansonsten liegen sekundäre Alterationsgefüge vor.

Nestartig angereicherte Calzitkristalle konnten im Dünnschliff im argitillisierten Bereich punktuell mit gelb-braunen Farben festgestellt werden. Sie liegen immer in der Sprossungsebene von Tonmineralen, ohne jedoch zu den Tonmineralen ein genetisches Verhältnis zu zeigen. Dies ist vermutlich auf eine spätere Alterationsphase zurückzuführen (Taf. 8.2).

Die im Dünnschliff betrachteten Proben wurden auch röntgenographisch untersucht und dabei Illit, Halloysit und Montmorillonit ermittelt.

2.2 Serizitisierung

Dieser Alterationstypus muß wiederum auf die Umwandlung der im Nebengestein vorhandenen Feldspäte zurückgeführt werden.

Im Dünnschliff tritt der Serizit häufig in der Grundmasse zwischen Sekundärquarzen zusammen mit Spuren von Tonmineralen auf. Er hat im Dünnschliff Farben von meist farblos, blaßgelb, blaßgrün bis rötlichbraun.

In manchen Fällen bildet sich der Serizit am Rande der Vererzung (Taf. 8.3). Dies könnte auf eine zeitgleiche Bildung hinweisen.

In einigen Dünnschliffen kommt der Serizit in Begleitung von Spuren der Tonminerale in Gängchen vor (Taf. 8.4).

Reliktische Umrisse von Feldspat (Albit) können selten beobachtet werden.

Auch hier treten häufig "cumulusartige" Calzitanreicherungen mit Serizitflasern auf (Taf. 8.5). Dies könnte wiederum auf eine spätere Alterationsphase zurückzuführen sein.

Die mikroskopisch bestimmten Serizite konnten röntgenographisch bestätigt werden.

3.2.3 Silifizierung

Sie ist das räumlich und mengenmäßig vorherrschende Phänomen der Nebengesteinsumwandlung. Der große Anteil an Kieselsäure entstand sicher aus dem zersetzten Nebengestein sowie aus jüngeren"aszendenten"hydrothermalen Lösungen. Dabei sind mindestens vier Generationen von Quarzneubildungen zu unterscheiden.

Im Dünnschliff lassen sich zwei Quarzgenerationen unterscheiden.

1. Generation: Sie zeichnet sich durch Anwachssäume um mehr oder weniger idiomorphe Kristalle aus (Taf. 8.6). Hier handelt es sich um die alten Phänokristalle von Vulkaniten.
2. Generation: Sie tritt feinkörnig weit verbreitet als Quarzpflaster in der Grundmasse sowie in Gängchen auf (Taf. 8.7 u. 9.1). Tonminerale und Serizit sind mit dieser Generation eng verwachsen.

Offensichtlich bewirkte die Sprossung dieser zweiten Quarzgeneration jene intensive Silifizierung, die im Handstück- und Aufschlußbereich des Lagerstättenkörpers überwiegt. Dadurch entstanden bereichsweise Partien, die ausschließlich aus Quarz und ggf. Sulfiderzen bestehen.

Über den Dünnschliffbereich hinaus sind im Handstück und im Lagerstättenaufschluß noch mindestens zwei weitere Quarzgenerationen zu beobachten, die jedoch nicht mehr flächenmäßig, sondern nur gangförmig auftreten.

3. Generation: Häufig wird das silifizierte Nebengestein von einem dm-Netzwerk von Quarztrümern durchsetzt, welche des öfteren auch Jaspis führen (Taf. 9.2).
4. Generation: Als offensichtlich jüngste Bildung durchschlagen cm- bis dm breite Quarztrümer die älteren Bildungen. Sie sind dadurch charakterisiert, daß sie fast stets größere oder kleinere Kupferkies- und Pyritkristalle führen. Offensichtlich handelt es sich hier um jüngste Mobilisate (Taf. 9.3).

3.2.4 Mikrothermometrie

Zur näheren Bestimmung der bei der Alteration auftretenden Temperaturen wurden 5 Quarzproben aus der Kernzone des Erzkörpers Çakmakkaya durch Herrn Dipl.-Geol. M. TISTL auf Flüssigkeitseinschlüsse untersucht. Die relativ wenigen Proben bieten nur grobe Anhaltspunkte, unterstreichen jedoch die Schätzung der Bildungstemperaturen durch die erzmikroskopischen und geochemischen Analysen (s.S.55 u. s.S.64).

Die für die Untersuchung notwendigen relativ großen Quarzkristalle konnten nur aus der jüngsten Vererzungsphase III (s.S. 63) gewonnen werden. Die primären und pseudo-sekundären Einschlüsse sind generell ungewöhnlich klein und weisen eine zweiphasige Füllung auf, deren Homogenisierungstemperaturen zwischen 25o und 285°C liegen. Aufgrund der Schmelztemperaturen konnte ein mittlerer Salzgehalt von etwa 5 % NaCl äq. ermittelt werden.

Mineral / Alteration	Serizitisierung	Argillitisierung	Silifizierung
Serizit	———	- - - - -	
Calzit	- - - - -	- - - - -	
Tonminerale	- - - - -		- - - - -
Quarz	———	———	———

LEGENDE : ——— schwach ——— stark

Abb. 8: Alterationstypen im Lagerstättenbereich von Anayatak und Çakmakkaya

3.3 Die Alteration der anderen Vulkanit-Serien

Die Vulkanit-Serien um den Lagerstättenbereich Murgul, nämlich Spilit und spilitischer Tuff (UBS), Quarzkeratophyr-Quarzkeratophyrtuff (UBS), Dazit (UDS) und Andesit (OBS), weisen ebenfalls Einwirkungen einer nachträglichen Alteration auf. Im Vergleich zu den oben beschriebenen Nebengesteinen der Lagerstätte (UDS) erreicht die nachträgliche Veränderung dieser Gesteine jedoch bei weitem nicht die vorstehend beschriebene Intensität (Abb. 9).

Spilit und spilitische Tuffe, Quarzkeratophyre und Quarzkeratophyrtuffe, Andesite sowie Dazite zeigen in der Grundmasse sehr häufig eine Chloritisierung, die auf eine Umwandlung der Hornblenden, Amphibole, Biotite, Plagioklase und Glasbasis zurückgeführt werden kann. Im Gegensatz dazu wurde in den Nebengesteinen der Lagerstätte, nämlich den dazitischen Aschentuffen sowie der Tuff-Sandstein-Kalkformation,kein Chlorit beobachtet. In den

oben genannten Gesteinen wurde das Chloritmineral röntgenographisch als "Klinochlor" bestimmt.

In den gleichen Vulkaniten ist sehr häufig auch Calzit zu beobachten, der hier jedoch im Gegensatz zum Nebengestein der Lagerstätte sehr verbreitet vorkommt. Das häufige Auftreten von Calzit im Spilit und seinen Tuffen gehört zur charakteristischen Paragenese,und in den anderen Gesteinen ist er vermutlich auf den Abbau von Plagioklasen zurückzuführen.

Nur im Quarzkeratophyr und seinen Tuffen sowie in den Daziten wurden sehr selten Serizit und Tonminerale (Illit, Montmorillonit) beobachtet. Diese Alterationsminerale treten in der Grundmasse der Gesteine sehr selten auf.

Vom Quarzkeratophyr und seinen Tuffen abgesehen, konnte in den anderen Vulkaniten keine bemerkenswerte Verkieselung festgestellt werden. Die Neubildung von Quarz in der Quarzkeratophyrabfolge ist sicher auf eine Mobilisation des primären Kieselsäuregehaltes zurückzuführen.

Mineral / Gestein	Spilit-spilitischer Tuff (UBS)	Quarzkeratophyr-Quarzkeratophyrtuff (UBS)	Dazitischer Aschentuff (UDS) -vererzt-	Hangender Dazit (UDS)	Andesit(OBS)
Tonmineral	0	----------		----------	0
Serizit	0	----------		----------	0
Calzit			----------		
Sekunderquarz	0	----------		0	0
Chlorit			0	----------	----------

LEGENDE : 0 nicht beobachtet ------ schwach ———— stark

Abb. 9: Alterationsminerale und ihre Intensitäten im Lagerstättenbereich (Anayatak, Çakmakkaya) und seiner Umgebung

4. DIE LAGERSTÄTTE MURGUL

4.1 Bergwirtschaftliche Geschichte

Bergwirtschaftlich ist das Ostpontische Gebirge seit dem Altertum bekannt. In den gesamten Pontiden sind zahlreiche alte Bergbaue und Schlackenhalden noch heute für das Gebiet sehr charakteristisch. Die zahlreichen Lokalitäten sowie einige neu entdeckte Fundpunkte sind bei MTA Enstitüsü (1972) und AKIN (1978) ausführlicher festgehalten.

> Das Ostpontische Gebirge wird bereits in den antiken Sagen "Argonautika" als eine Metallprovinzerwähnt (AKIN 1978). Es besaß im Altertum sowohl eine wirtschaftliche Bedeutung in bezug auf die Edelmetall-, Kupfer und Eisenproduktion als auch in der technisch-metallurgischen Entwicklung. Die Gewinnung der Metalle Kupfer, Eisen und Silber soll hier bereits vor über dreitausend Jahren erfolgt sein. Die Anwendung der "Silber-und Bleitechnologie" sowie die frühe Entwicklung von Messing unterstreichen die außerordentliche Bedeutung der pontischen Metallprovinz (BACHMANN 1976).
>
> In ihrer wechselvollen politischen Geschichte wurde diese Region im Altertum von den in Anatolien und den in den Nachbargebieten lebenden Völkern beeinflußt. Später - ca. 75o v. Chr. - kamen die Ionier von Milet über den Seeweg in dieses Gebiet, um hier in ihren Kolonien mit Kupfer, Eisen und Silber etc. Metallhandel zu betreiben. Anschließend wurde das Gebiet von Persern, Römern sowie von ihren Nachfolgern, den Byzantinern, beherrscht. Im 15. Jahrhundert betrieben die Genuesen intensiv den Bergbau in Trapzon (Trapezunt) und seiner Umgebung. Die Schlackenhalden, die sowohl in der Lagerstätte als auch in den gesamten Ostpontiden gefunden wurden, werden nach SCHNEIDERHÖHN (1955) den genuesischen Bergleuten zugeschrieben.
>
> Nachdem dieses Gebiet im Jahre 1461 vom Osmanischen Reich eingenommen wurde, konnte der Bergbau bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts weiterbetrieben werden und erlebte dann bis zum Beginn des ersten Weltkrieges eine Blütezeit. Während dieser Periode, um das Jahr 19oo, wurde das Gebiet russisch besetzt.

KIEPERT (189o: in AKIN 1978) hat in eine geologische Karte die historischen Gruben des ostpontischen Gebirges eingetragen. Später führte SIMMERSBACH (19o4: in AKIN 1978) einige Angaben über den Metallerzbergbau dieser Region um die Jahrhundertwende an. BACHMANN (1976) weist darauf hin, daß viele alte Gruben- und Hüttenplätze vergessen worden und längst unter der üppigen Vegetation verschwunden sind.

In der Lagerstätte Murgul entdeckte man vor kurzem einige Bergbauschaufeln, die ein Alter von 2266 ± 17o Jahren nachweisen (KAPTAN 1977). Es kann deshalb angenommen werden, daß hier mindestens seit über 3ooo Jahren Kupfererze gewonnen werden.

Die englische Bergbaugesellschaft "Caucasus Copper Corporation & Co." stellte um das Jahr 19oo in Murgul intensivere bergmännische Untersuchungen an. Es wurden eine größere Aufbereitungsanlage und eine Schmelzhütte gebaut, die im Jahre 19o8 den Betrieb aufnahmen. Bis zum Ende des ersten Weltkrieges wurden in Murgul innerhalb von acht Jahren insgesamt 15.ooo t Blisterkupfer erzeugt. Nach dem Friedensvertrag von Lausanne 1923 wurde das Gebiet um Murgul wieder türkisch. Der Bergbau lag in der Zeit von 1917 bis 195o still. Erst im Jahre 1951 fand die heutige moderne Bergbautätigkeit ihren Beginn aufgrund der geologisch-lagerstättenkundlichen Untersuchungen des Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA), Ankara, mit der Wiederaufnahme des Abbaues von Kupererzen durch die Etibank.

Die Kupfererze werden nahe des Ortes Iskep (Tagebaue Anayatak und Çakmakkaya) abgebaut. Ein vertraglich gesicherter Teil der Kupfererze wird von der Karadeniz Bakir Işletmeleri Anonim Şirketi-Aktiengesellschaft flotiert, über eine Pipeline als Suspension zum Hafen Hopa transportiert und von dort als Konzentrat mit dem Schiff zur Verhüttung nach Samsun befördert. Ein anderer Teil der Kupferförderung wird im Ort Göktaş (Murgul), welcher mit der Lagerstätte durch eine 12 km lange Straße und 2,7 km lange Seilbahn verbunden ist, flotiert und anschließend hier direkt verhüttet.

4.2 Produktion und Erzvorräte der Lagerstätte

Seit der Wiederaufnahme der Abbautätigkeit durch die Etibank im Jahre 1951 wurden insgesamt 216.9o3 t Blisterkupfer, 112.382 t Pyritkonzentrat, 2o8.258 t Schwefelsäure, 141,316 t Metallsilber und 1.713 kg Gold gewonnen.

Der Bergbaubetrieb Murgul besteht aus den Tagebauen Anayatak und Çakmakkaya sowie dem neuen Untersuchungsgebiet Bognari. Nach den Betriebsangaben werden täglich 4.ooo t Kupfererze mit einem durchschnittlichen Cu-Gehalt von 1,5 - 2 % gefördert. Das entspricht einer Tagesproduktion von 6o - 8o t Blisterkupfer. In den Jahren von 1969 bis 1978 wurden allein von der Etibank folgende Produkte gewonnen:

Jahr	Blisterkupfer (t)	Pyritkonzentrat (t)	Schwefelsäure (t)
1969	8.8oo	11.6oo	16.253
197o	8.87o	21.581	16.7oo
1971	9.31o	7.o44	14.o22
1972	8.171	9.426	16.435
1973	7.o85	12.579	1o.ooo
1974	8.45o	17.863	11.655
1975	5.6oo	2.498	5.542
1976	6.6oo	8.o13	-
1977	1o.55o	1o.18o	-
1978	7.225	8.199	-
Insgesamt:	8o.661	1o9.o23	91.1o7

Außerdem soll Karadeniz Bakir Işletmeleri Anonim Şirketi seit 197o ca. 8o.ooo t Blisterkupfer gewonnen haben.

Die Erzvorräte der Lagerstätte Murgul betragen nach den Etibank-Angaben insgesamt ca. 4o Mill t. mit einem durchschnittlichen Cu-Gehalt von 1,o - 1,5 %, was einem Vorrat von 4oo.ooo - 6oo.ooo t Blisterkupfer entsprechen könnte.

4.3 Form, Größe und Struktur der Erzkörper

In den früheren Arbeiten über Murgul wurden drei getrennte Erzkörper, nämlich Çankara, Sosweni und Satep, innerhalb des Tagebaues Anayatak angeführt (SCHNEIDERHÖHN 1955). Durch den fortschreitenden Abbau und die zahlreichen niedergebrachten Bohrungen stellte sich jedoch heraus, daß es sich hier um einen einzigen Erzkörper "Anayatak" handelt.

Dieser erste im Abbau befindliche Erzkörper Anayatak hat etwa die Form eines Ellipsoides, der zu seinen Enden hin etwas abgeplattet und langgezogen ist (Abb. 14). Der Erzkörper weist eine, ungefähr in N-S Richtung gestreckte, Länge von ca. 7oo m und eine Breite von ca. 6oo m auf. Die Mächtigkeit des Erzkörpers schwankt stark und beträgt ungefähr 1oo - 12o m. Diese Daten wurden durch ein Bohrprogramm festgestellt.

Die Vererzungen in Anayatak sind an die stark silifizierten harten Aschentuffe und die Tuff-Sandstein-Kalkformation gebunden (Abb. 1o). Pyrit-Kupferkies tritt in Anayatak meistens in Form von Stockwerkerzen, Imprägnationserzen und seltener als Massiverz auf.

Die Vererzungen innerhalb der Stockwerkzone sind meistens an kleinere, in NE-SW Richtung verlaufende Linien gebunden. Zentrale Teile der Stockwerkzone gehen lokal in massives Erz über. Die einzelnen Erztrümer schwanken in ihrer Mächtigkeit von einigen mm bis zu einigen dm Durchmesser und überschreiten selten die Länge von wenigen m.

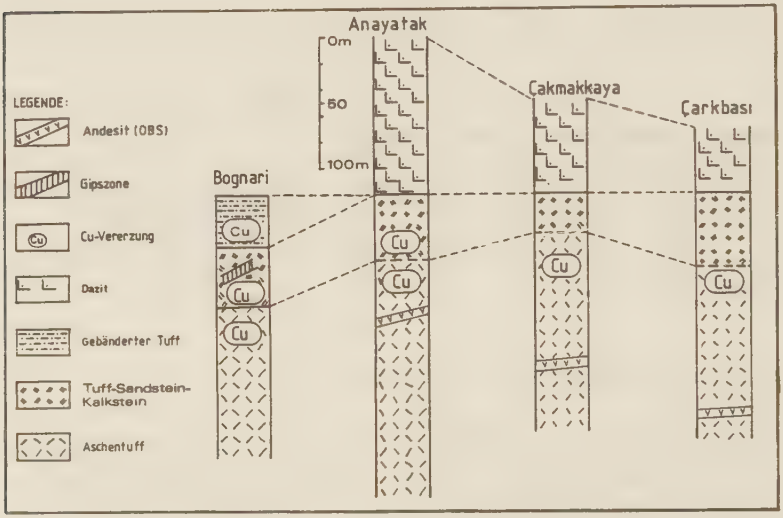


Abb. 1o: Schematische Säulenprofile nach Ergebnissen verschiedener Bohrprogramme im Bereich der Lagerstätte Murgul. Die in 1oo bis 15o m Teufe lokal erbohrten Andesite werden als jüngere Gänge der OBS gedeutet.

Im Jahre 197o wurde ein zweiter Erzkörper 5oo m südöstlich von Anayatak durch die geologisch-lagerstättenkundlichen Untersuchungen entdeckt (Abb. 14). Dieser zweite, heute auch im Abbau befindliche Erzkörper, Çakmakkaya, weist ebenfalls die Form eines Ellipsoides mit max. 65o m Länge in NE-SW Richtung und 3oo m Breite auf. Seine Mächtigkeit beträgt ca. 12o m.

Die Vererzungen in Çakmakkaya liegen in Aschentuffen, welche hier noch stärker silifiziert und zu einem regelrechten Quarzit umgewandelt sind (Taf.9.3). Dieser zweite Erzkörper wurde aufgrund des charakteristischen weißen Quarzes, im türkischen Sprachgebrauch "Feuerzeugfels", Çakmakkaya, genannt.

Im Gegensatz zu Anayatak ist die Kupferkies-Vererzung hier in die höchsten, vollkommen argillitisierten und kaolinisierten Aschentuffe und Deckpartien entweder nicht oder nur lokal eingedrungen. Daher sind die obersten Tufflagen in Çakmakkaya lokal besser erhalten.

Die Vererzungen hier kommen als typische Stockwerkerze vor. Imprägnationserze sind ebenfalls oft vertreten. Daneben können auch Erzgängchen in einer generellen Streichrichtung von NW-SE mit steilem Einfallen gegen SW festgestellt werden. Dadurch ergibt sich ein auffallender Unterschied in der Streichrichtung der Gangvererzungen zwischen den beiden Erzkörpern.

Ein kleinerer Erzkörper, Bognari, wurde zuletzt im Nordwesten von Anayatak gefunden. Bisher konnte noch nicht festgestellt werden, ob dieses weitere Erzvorkommen dem Erzkörper Anayatak angehört, da die notwendigen Bohrungen nocht nicht niedergebracht wurden. Die Form dieses Erzkörpers ist noch unbestimmt. Er hat schätzungsweise eine Länge von 45o m und eine Breite von 3oom. Über die Teufenerstreckung der Vererzung können z.Zt. keine Angaben gemacht werden.

Nach den Ergebnissen einiger weniger Bohrungen in Bognari muß hier die Vererzung aus zwei genetisch unterschiedlichen Typen bestehen. Im tieferen Teil handelt es sich um die üblichen Stockwerkvererzungen in den dazitischen Tuffen. Darüber folgt eine Art klastischer "Sedimente", die von SAWA & SAWAMURA (197o) als "Fragmentalerz" bezeichnet wurden. Nach diesen Autoren soll das klastische Erz ein Erosionsprodukt von den höheren Teilen

des Anayatak-Erzkörpers darstellen. Als Hinweis auf die besonderen (exogenen) Bildungsbedingungen dieses klastischen Erzes könnte betrachtet werden, daß sich in die oberen Partien der Stockwerkvererzung, im Grenzbereich gegen das hangende Erz, eine mächtige (exogene) Gipsschicht einschaltet (Abb. 1o).

Die Pyrit-Kupferkies-Erzkörper von Anayatak und Çakmakkaya sind sodann von den mächtigen, rötlich-grünlichen und relativ frischen Dazitlaven überdeckt (s.S. 32). An manchen Stellen ist eine bis m-mächtige Schicht eines serizitisierten und argillitisierten Tuffes zwischen Erzkörper und der Dazitdecke eingeschaltet, die jedoch auch fehlen kann. Dann liegt der frische Dazit mit scharfer Grenze direkt auf dem Erzkörper.

Der gesamte Lagerstättenbereich und seine nähere Umgebung ist durch eine intensive Blocktektonik gekennzeichnet, die vertikale Versetzungsbeträge bis zu 7oo m vermuten läßt. Daneben treten in den faltungskompetenten Gesteinen flexurartige Verbiegungen und in den faltungsinkompetenten Partien Schollenverdrehungen und Kippungen auf. Soweit das von BUSER et al. (1973) kartierte Gebiet (Abb.5) im Verlauf der Probenahme begangen wurde, konnten an keiner Stelle Faltenstrukturen beobachtet werden, die eine alpinotype Tektonik belegen würden.

Durch die Kartierung von BUSER et al. (1973) wurde jedoch verdeutlicht, daß sich um die Lagerstätte Murgul eine Reihe bogenförmig - konzentrisch angeordneterBruchlinien scharen, in deren Zentrum ungefähr die heutigen Tagebaue Anayatak und Çakmakkaya liegen (Abb. 5). Dieses geometrische Muster impliziert eine Domstruktur für den engeren Lagerstättenbereich, wie sie bereits von SAWA & SAWAMURA (197o), HILMER et al. (1973) und ASLANER (1977) angenommen wurde (s.S.17).

4.4 Die Erzvorkommen von Akarşen

Südwestlich der Lagerstätte Murgul, jenseits der Talschlucht des Murgul Dere, befindet sich ein weiteres, relativ großes Erzvorkommen in etwa gleicher "stratigraphischer" Position wie die oben beschriebenen Erzkörper. Diese "Lagerstätte Akarşen" wurde von verschiedenen Autoren(STERN et al. 1971 ,

HILMER, PROKOP & SCHIEBEL 1974) teils zusammen mit Murgul bearbeitet, also unter diesem geographischen Oberbegriff zusammengefaßt,und teils als eigenständige Lagerstätte untersucht und betrachtet (KLEINSORGE 1946, KLAEY 1959: in HILMER et al. 1973). Nach HILMER et al. (1973) erfuhren die Erzvorkommen von Akarşen seit der Jahrhundertwende wiederholt bergmännische Untersuchungen, die von ersten Stollenvortrieben bis zu einem beschränkten Bohrprogramm reichten.

Da die Vererzung von Akarşen im Rahmen der Dissertation von M. DIETERLE (1985) ausführlicher untersucht wird, wurden im Zusammenhang mit der vorliegenden Dissertation dort nur einige Erz- und Nebengesteinsproben entnommen. Dabei interessierten vor allem geochemische Vergleiche mit den Erzen und Nebengesteinen der Lagerstätte Murgul im engeren Sinne.

Nach HILMER et al. (1973) kann im Gebiet von Akarşen mit mehreren kleinen Erzkörpern gerechnet werden, die eine der Lagerstätte Murgul i.e.S. analoge Paragenese aufweisen. Auch die Bindung der Erzkörper an eine intensiv alterierte Zone von dazitischen Vulkaniten zeigt deutliche Parallelen zu den Verhältnissen in der Lagerstätte Murgul.

Die im Bereich von Akarşen entnommenen 9 Erz- und Nebengesteinsproben sind bei der Betrachtung ihrer F-Gehalte von Bedeutung (Tab. II[a]). Von besonderem Interesse ist die Erzprobe P 46, weil sich bei einer erzmikroskopischen Untersuchung in ungewöhnlich großer Menge gediegen Gold fand. Dies ist sowohl für Akarşen als auch für Murgul ein Novum (s.S. 60).

4.5 Erzinhalt

4.5.1 Erzparagenesen

In der Lagerstätte lassen sich makroskopisch in der Reihenfolge ihrer Häufigkeit die Erzminerale Pyrit, Kupferkies, Zinkblende, Bleiglanz, Covellin, Malachit sowie die Gangarten Quarz und Chalzedon erkennen.

Der Pyrit herrscht mengenmäßig vor. Er tritt einmal als frühe Generation zusammen mit der intensiven Silifizierung (s.S.44) in kleinen Kristallen eingesprengt und extensiv verbreitet mit Kupferkies auf (Taf.9.1). Eine jüngere Generation ist dann in gröberen Partien an die Erztrümer der Stockwerkvererzung gebunden, auch hierbei wieder gemeinsam mit

Kupferkies. Der Sulfidmineralgehalt der netzartig verzweigten Quarztrümer schwankt in weiten Grenzen, so daß sowohl reine Quarz-Pyrit- als auch Quarz-Kupferkiesgängchen als Extremfälle auftreten können (Taf.9.2). Auch in der jüngsten Vererzungsphase, nämlich den quergreifenden "Quarz-Erz-Gängchen",ist Pyrit in meist mm-großen Kristallen vertreten, wenn auch quantitativ untergeordnet (Taf.9.3).

Daneben sei darauf hingewiesen, daß auch in den oberen argillitisierten Partien der Tuffe, im höchsten Teil der Lagerstätte, noch idiomorphe Pyritkristalle auftreten, die einen Durchmesser von 3 bis 4 mm erreichen. Diese Kristalle (Hexaeder, Oktaeder, Pentagondodekaeder) werden durch den Niederschlag aus der tonigen Matrix ausgewaschen und am Boden der Tagebaue angereichert. Diese jüngste Pyrit-Generation unterscheidet sich in Spurenelementgehalt deutlich von den älteren (s.S.1o5).

Der Kupferkies, in Murgul z.Zt. das einzige wirtschaftlich genutzte Erzmineral, tritt ebenso wie der Pyrit zusammen mit sämtlichen Generationen der Silifizierung, Netzwerk- und Gangbildung auf. Eine idiomorphe Ausbildung der Kristalle konnte nur in den jüngsten Mineralaggregaten beobachtet werden. In diesen jüngsten, quergreifenden Gangbildungen erscheint der Kupferkies, offenbar stets an die höchsten Teile der Erzkörper gebunden, in dm-mächtigen derben Massen, die über mehrere m aushalten können.

Vererzungsphase / Erzmineral	(I) Silifizierung des gesamten Nebengesteines	(II) Stockwerkvererzung (Netzerze)	(III) Jüngste Mobilisate (Gängchen)	(IV) Zementation Oxidation
Pyrit	———	———	———	- - - - -
Kupferkies	———	———	———	- - - - -
Zinkblende	MMM	- - - - -	MMM	
Bleiglanz	MMM	- - - - -	MMM	
Fahlerz	MMM	MMM	MMM	
gediegen Gold				MMM
Covellin				- - - - -

Abb.11: Die Erzmineralparagenesen in den Vererzungsphasen
——— viel bzw. vorherrschend
- - - - - wenig bis sehr wenig
MM nur mikroskopisch nachweisbar

Besonders in den bisher aufgeschlossenen Dachbereichen der Lagerstätte kommt Kupferkies in jüngsten verquarzten Kluftfüllungen vor und ist hier meistens mit Anlauffarben überzogen. An manchen Stellen gehen diese Überzüge in feine Covellinlagen über (Taf.9.3).

Die Zinkblende ist nur lokal und sporadisch vertreten, besonders im südöstlichen Teil von Anayatak; in Çakmakkaya scheint sie zu fehlen. Auch die Durchschnittsanalysen der Erzproduktion bestätigen den extrem geringen Zn-Gehalt, der meist unter o,3 % in Anayatak liegt und in Çakmakkaya in den ppm-Bereich absinkt.

Makroskopisch ist Zinkblende stets mit Bleiglanz vergesellschaftet. Beide Minerale scheinen ausschließlich mit der Pyrit-Kupferkies-Paragenese der Stockwerkvererzung (Netzerze) verbunden zu sein (Abb. 11).

Covellin tritt nur im oberen Teil der Erzkörper auf und ist dabei meist an Kupferkies gebunden (s.o.). Desgleichen sind Malachit und Azurit als typische Oxidationsminerale an die Nähe der alten Landoberfläche gebunden. Heute sind sie nur im nördlichen Vorfeld der Lagerstätte zu finden. Die Mineralbildungen der Oxidationszone haben wirtschaftlich keine Bedeutung.

4.5.2 Erzmikroskopische Untersuchungen

In den Erzanschliffen konnten neben den schon makroskopisch festgestellten Mineralen noch Fahlerz und gediegen Gold bestimmt werden.

Unter dem Mikroskop wurden idiomorpher und xenomorph-hypidiomorpher Pyrit sowie Pyritframboide und rundlicher, knollenartiger Pyrit beobachtet. Die verschiedenen Varietäten lassen sich folgendermaßen kennzeichnen:

Idiomorpher Pyrit ist meistens isotrop und in allen drei Vererzungsphasen vertreten. Gelegentlich zeigt er auch schwache Anisotropieeffekte. Er tritt in den silifizierten Gesteinen und Netzwerkerzen sowohl in der Gangart verteilt (Imprägnationserz) als auch zusammen mit Kupferkies auf. In den Gangerzen ist er häufig in Form von Einschlüssen in Kupferkies verbreitet. Im Anschliff sind meist nur Würfelquerschnitte zu erkennen. Die Größe dieser Kristalle schwankt von 5o µm bis etwa 2 mm.

In größeren Kristallen sind manchmal rundliche Pyritpartien zu erkennen, die durch kleine Einschlüsse von Kupferkies oder Gangart markiert werden. Hier handelt es sich offensichtlich um paragenetisch ältere Framboide, die während der Sammelkristallisation durch (jüngeren) idiomorphen Pyrit überwachsen werden.

Bei dieser Varietät kann oft ein Zonenbau beobachtet werden, der auf Wachstumsrhythmen zurückzuführen ist (Taf.1o.1). Diese Pyritvarietät tritt häufig auch kataklastisch auf; sie wird dann oft,von Spaltrissen ausgehend,von Kupferkies verdrängt (Taf.1o.2).Der Kupferkies scheint hier eine noch jüngere, remobilisierte Generation darzustellen.

Xenomorph-hypidiomorpher Pyrit tritt ebenfalls in allen Vererzungsphasen auf. Er ist im Anschliff mit größeren Kupferkiesaggregaten verwachsen (Taf.1o.3). Daneben bildet er Aufwachszonen um idiomorphen Pyrit. Mit diesen Erscheinungsformen belegt er zweifellos eine jüngere Generation, die auf mehrphasige Remobilisationen hinweist.

Auffallend ist, daß dieser xenomorph-hypidiomorphe Pyrit fast durchwegs stärkere, wenn auch immer noch schwache Anisotropieeffekte zeigt. Relativ starke Anisotropieeffekte sind bei dieser Varietät aus der Lagerstätte Akarşen zu beobachten, die in dieser Intensität in den Erzkörpern von Murgul nicht auftreten. Möglicherweise deuten sich hierdurch "Verunreinigungen" im Kristallgitter an, die durch den Einbau von As hervorgerufen sein können (RAMDOHR 1975). Außerdem könnte ein genetischer Zusammenhang mit den ungewöhnlich hohen Au-Gehalten bestehen, da diese Pyritvarietät in einem Anschliff (Taf. 1o.1o.) viele Einschlüsse von gediegen Gold enthält (s.u.).

Pyritframboide treten vor allem im silifizierten Nebengestein in großer Verbreitung auf, weniger in den Netzwerkerzen und nur selten in der jüngsten Gangvererzung. Die Korngrößen dieser Framboide sind in allen Anschliffen fast einheitlich und schwanken nur wenig um 15 µm.

Neben diesen "kleinen" Framboiden der üblichen, allgemein bekannten Struktur können in vielen Anschliffen der ersten Vererzungsgeneration sehr oft rundliche Pyritpartikel beobachtet werden, deren Durchmesser vom 1o-fachen der o.g. Framboide bis mm-Größe schwanken. Ihre Entstehung

in einem kolloidalen Zustand kann nach verschiedenen Beobachtungen angenommen werden:
Isoliert auftretende Rundkörper zeigen durch Einbau von kleinen Kupferkies- oder Gangartpartikeln meist einen deutlichen konzentrischen Schalenbau (Taf.1o.4).

Öfter jedoch deutet sich die frühere Existenz solcher Rundkörper durch kreisförmig angeordnete Einschlüsse von Kupferkies oder Gangart in größeren Pyritkristallen an, wie bereits oben beschrieben wurde (Taf.1o.4).

Diese Beobachtungen sind für genetische Betrachtungen der Lagerstätte von Bedeutung, da sie für eine frühe Vererzungsgeneration die Existenz von Schwefelkies-Kolloiden beweist.

> Die Entstehung der Pyritframboide ist bisher noch umstritten. Sie wurden zunächst als vererzte Schwefelbakterien bezeichnet (SCHNEIDERHÖHN 1955, LOVE 1957: in RAMDOHR 1975). Später hat LOVE (1964: in RAMDOHR 1975) seine Meinung geändert und sie auf einen gemeinsamen Niederschlag mit organischem Material in frühdiagenetischen Prozessen zurückgeführt. Demgegenüber vertritt KALLIOKOSKI (1969: in RAMDOHR 1975) die Meinung, daß solche Pyritframboide wahrscheinlich durch Anhäufung und partikelweise Ausfällung bei der Reaktion von Fe-haltiger Huminsäure mit biogenem Schwefelwasserstoff gebildet werden können.
>
> LOVE & AMSTUTZ (1969) beschreiben zwei Vorkommen von Pyritframboiden in Andesiten von Plötz bei Halle (Perm) und von Antachajra in Peru (Tertiär) und weisen damit auf die Bildung ursprünglich kolloidalen Fe-Sulfides auch in vulkanischen Gesteinen nach. Abgesehen davon, daß die Autoren in diesen beiden Fällen die Existenz vom kolloidalen Material annehmen und für diese Rundkörper den Begriff "concentric clusters" vorschlagen, werden keine weiteren genetischen Interpretationen gebracht.
>
> Für die oben beschriebenen "größeren Rundkörper", die offensichtlich auch weiter verbreitet sind, bietet RAMDOHR (1975:858) einen kurzen Hinweis: "Gelstrukturähnliche Formen zeigen auch viele subvulkanisch epithermale Pyrite, das Korn ist aber meist gröber, die Farbe braun."

Die Pyritframboide und größeren Rundkörper sind vorerst nicht ohne Schwierigkeit mit der Genese der Lagerstätte Murgul in Einklang zu bringen, da ihre Existenz scheinbar einen Kontrast zu den allgemein angenommenen und mikrothermometrisch belegbaren, relativ hohen Bildungstemperaturen des subvulkanischen Milieus darstellt (Taf.1o.5).

Kupferkies ist in allen drei Vererzungsphasen mengenmäßig etwa gleich vertreten, wenn auch als Derberz ausgebildete Massen in den jüngsten quergreifenden Gangbildungen lokal überwiegen.

In den silifizierten Gesteinen tritt er als Imprägnation fein verteilt, meist mit Pyritverwachsungen, in xenomorphen Kornaggregaten auf. Dabei verdrängt er, von Spaltrissen ausgehend, den idiomorphen und hypidiomorphen Pyrit, wie bereits oben beschrieben (Taf.1o.2). Oft enthalten deshalb Kupferkiesaggregate Verdrängungsreste von Pyrit (Taf.1o.6).

In den Stockwerkvererzungen kann Kupferkies in den gleichen Verwachsungsstrukturen beobachtet werden (Taf.1o.6). Auch in den jüngsten, gangförmigen Erzmobilisaten herrschen die gleichen Verdrängungsbilder vor.

Reflexionspleochroismus ist am Kupferkies nicht zu beobachten. Anisotropieeffekte sind dagegen deutlich und bereichsweise sehr stark. In einigen Anschliffen zeigt der Kupferkies eine wenig deutliche Zwillingslamellierung. Mikroskopische Hinweise auf höhere Bildungstemperaturen fehlen, wie z.B. Entmischungen von Cubanit, Valleriit und Magnetkies. Auch die typischen Oleanderblatt-Zwillingslamellen konnten nicht beobachtet werden. Nach den erzmikroskopischen Kriterien zu urteilen, können die Bildungstemperaturen für die verschiedenen Kupferkies-Generationen in einem Bereich unterhalb von 22o^{o}C angenommen werden. Auf diesen Temperaturbereich weisen auch die Ga/Ge-Verhältnisse hin (s.S. 113).

Zinkblende ist in Murgul nur untergeordnet vorhanden. Sie tritt in den silifizierten Gesteinen und in den Stockwerkvererzungen sowohl in isolierten Kristallen als auch verwachsen mit Kupferkies auf. Dagegen führen die Gangerze wenig Zinkblende, die hier meistens auch mit Kupferkies verwachsen ist.

In Anschliffen enthält Zinkblende gelegentlich orientierte Kupferkieseinschlüsse. Solche Entmischungen sollen nach RAMDOHR (1975) auf erhöhte Bildungstemperaturen hinweisen (Taf.1o.7). Die Einschlüsse sind entweder tröpfchen- oder stäbchenförmig. Der Wechsel in der Gestalt der Einschlüsse kann nach KAHRER (1958) durch eine Temperaturabnahme während der Kristallisation der Zinkblende erklärt werden.

In einigen Anschliffen sind größere Zinkblendekristalle von Kupferkies eingeschlossen. Danach könnte angenommen werden, daß die Zinkblende die ältere Mineralphase repräsentiere. Doch ist der Kupferkies generell als ein sehr mobiles Mineral bekannt (RAMDOHR 1975), wodurch auch in Murgul die zahlreichen, verschiedenartigen Verdrängungsformen erklärt werden können.

Die Zinkblende ist generell arm an Innenreflexen. In Luft sind sie nur selten zu erkennen; in Öl werden sie deutlicher und häufiger. Ungewöhnlich ist die weiße Farbe, die meist einen Stich nach grünlich zeigt. Wie S. ausgeführt wird, führt die Zinkblende sehr geringe Fe-Gehalte (o,8 bis 5,8 %), dagegen aber relativ viel Ga (27o ppm), das grüne Innenreflexe hervorrufen kann. Da hierzu jedoch nur eine sichere ZnS-Analyse von Anayatak vorliegt, kann die Ursache für die ungewöhnlich weiß-grüne Farbe der Innenreflexe nicht mit Sicherheit erklärt werden.

Bleiglanz kommt noch seltener als Zinkblende vor. Er tritt in den silifizierten Nebengesteinen zusammen mit Zinkblende auf, kann aber auch in den Stockwerkvererzungen und in den Gangerzen in gleicher Paragenese sehr selten beobachtet werden. Seine Kristallform ist stets xenomorph.

Fahlerz tritt meist in den Stockwerkvererzungen und Gangvererzungen sowie sehr selten in den silifizierten Nebengesteinen auf. Es kommt häufig in sehr kleinen Kristallen mit Zinkblende, Bleiglanz und Kupferkies vor, wobei es lokal Zinkblende und Kupferkies verdrängt (Taf.1o.8).

Es hat stets eine von weißcreme bis blaugraue Eigenfarbe. Der Farbstich ins Blaugrau deutet auf CuAs-Fahlerz (Tennantit) hin. Dieser Farbstich nach blau läßt nach RAMDOHR (1975) einen Silbergehalt vermuten.

Außerdem ist in den Derberzen der Gangtrümer ein Fahlerz mit creme-weißem Farbstich zu beobachten. Aufgrund der höheren Se-Gehalte im Gesamterz (bis 49o ppm, s.S. 112) könnte die Existenz eines Se-Fahlerzes (Hakit) nach RAMDOHR (1975) angenommen werden. Im Kupferkies sind derart hohe Se-Gehalte nicht anzunehmen.

Covellin ist nur in den Anschliffen aus oberflächennahen Bereichen beider Tagebaue zu beobachten. In manchen Proben tritt er sehr häufig auf. Dabei bildet er Reaktionssäume um Kupferkies oder verdrängt diesen wie auch benachbarte Zinkblende von Rissen aus. Durch seinen Reflexionspleochroismus

und die stark farbigen Anisotropieeffekte ist er leicht zu erkennen. Als typische Neubildung charakterisiert er den Grenzbereich der Oxidations-Zementationszone.

Gold konnte nur in einem Anschliff (Probe P 46) aus der Nachbarlagerstätte Akarşen gefunden werden. Auf eine ungewöhnliche Anreicherung von Gold in dieser Lagerstätte wiesen bereits HILMER et al. (1973) hin. Dies wurde auch durch die geochemischen Gesteins- und Erzanalysen von MÖLLER et al. (1983) sowie an eigenen Proben bestätigt (s. Tab.XVI, Anhang).

Das Gold tritt im Anschliff in kleinen aber deutlich erkennbaren Partikeln an den Korngrenzen von Kupferkies oder Pyrit auf (Taf.1o.9 u. 1o.1o).

In den Erzanschliffen von den beiden Tagebauen Anayatak und Çakmakkaya konnte dagegen kein Gold beobachtet werden, obwohl höhere Gehalte sowohl in Kupferkies als auch in Pyrit analytisch nachzuweisen sind (s. Tab. XVI , Anhang).

4.5.3 Räumliche und zeitliche Entwicklung der Erztypen

Die Erzkörper Anayatak und Çakmakkaya werden quantitativ im Tagebau abgebaut, der Erzkörper Anayatak fortschreitend in südlicher und der Erzkörper Çakmakkaya in östlicher Richtung. Der Abbau erfolgt in Terrassen (open-pit) und gleislos. Durch die Anlage des Großbetriebes können verschiedene Erzqualitäten, wie sie allein schon nach der vorstehend gegebenen Beschreibung als Vererzungstypen zu erkennen sind, nicht mehr gesondert ausgehalten werden. Es wird also ein "Mischerz" gefördert (Abb. 12).

Der fortschreitende Tagebau erfordert eine aufwendige Abtragung des hangenden sterilen Dazites, welche ebenfalls in gleislosem Terrassenbau durchgeführt wird.

Nach den Angaben der früheren Bearbeiter (s.S. 15 ff.), der Auswertung der Bohrprofile und eigenen Beobachtungen soll nachfolgend versucht werden, eine räumliche und zeitliche Verteilung der verschiedenen Erzqualitäten bzw. -typen darzustellen (Abb. 13).

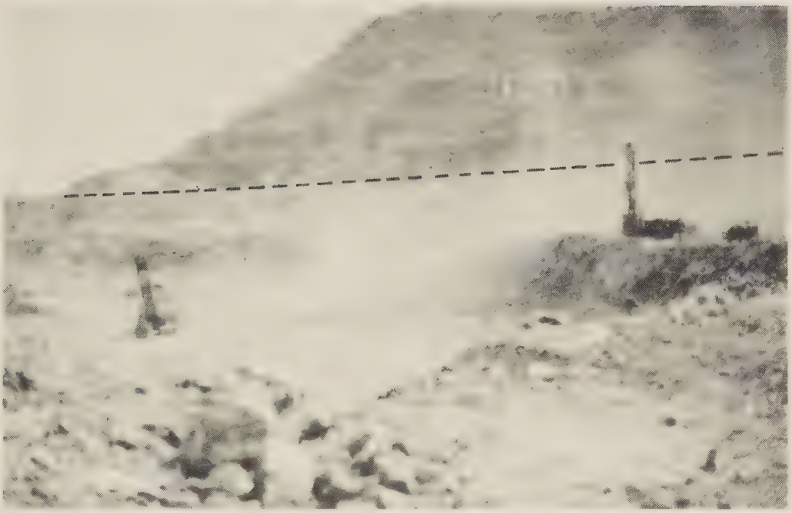


Abb. 12: Tagebau Çakmakkaya, Abbaustand 1979. Gestrichelt: Grenzzone zwischen dem hangenden, tauben Dazit und dem Erzkörper.

Die erste Qualität bilden Reicherze (ASLANER 1977: Massiverze), die von 5 bis max. 1o % Cu-Gehalt aufweisen. Sie treten überwiegend in den höheren Partien der Erzkörper auf, können jedoch lokal, wie in Anayatak, über 1oo m zur Teufe reichen. Die Reicherze sind an die Verbreitung der jüngsten, quergreifenden Gangtrümer und die stärker vererzten Partien der stockwerkartigen Netzerze gebunden.

Eine zweite Qualität bilden generell die stockwerkartigen Netzerze, die meist als äußere Zone um die Reicherze herum anzutreffen sind. Ihr Cu-Gehalt schwankt etwa zwischen 1 und 2,5 %. Nach den Ergebnissen der Bohrungen reicht dieser Vererzungstypus in Anayatak bis über 1oo m, in Çakmakkaya bis 8o m und in Bognari bis 6o m zur Teufe. Mit Durchschnittsgehalten um 1 % Cu könnten die Brekzienerze (bzw. "Fragmentalerze") von Bognari, je nach Weltmarktpreis, noch zu dieser Qualität gerechnet werden.

Räumlich am weitesten verbreitet und quantitativ vorherrschend sind meist die mit der ersten Alterationsphase verbundenen Imprägnationserze. Diese dritte Erzqualität führt bereichsweise stark schwankende Cu-Gehalte von o,2 bis o,7 %.

Sie wird derzeit nicht als bauwürdig betrachtet, muß jedoch bei der Großförderung mitgewonnen werden. Nach den Bohrergebnissen reicht dieser Vererzungstypus bis etwa 15o m hinab, wobei eine trichterförmige Verengung zur Teufe festgestellt wurde (s.S. 41).

Als letzter Vererzungstypus, der ohne wirtschaftliches Interesse ist, sei hier noch die mit der frühen Alteration (Silifizierung) verbundene Pyritimprägnation genannt, die keine Buntmetallgehalte mehr aufweist. Sie greift vertikal und lateral noch um einige 1o-er m über die primäre Cu-Imprägnation hinaus.

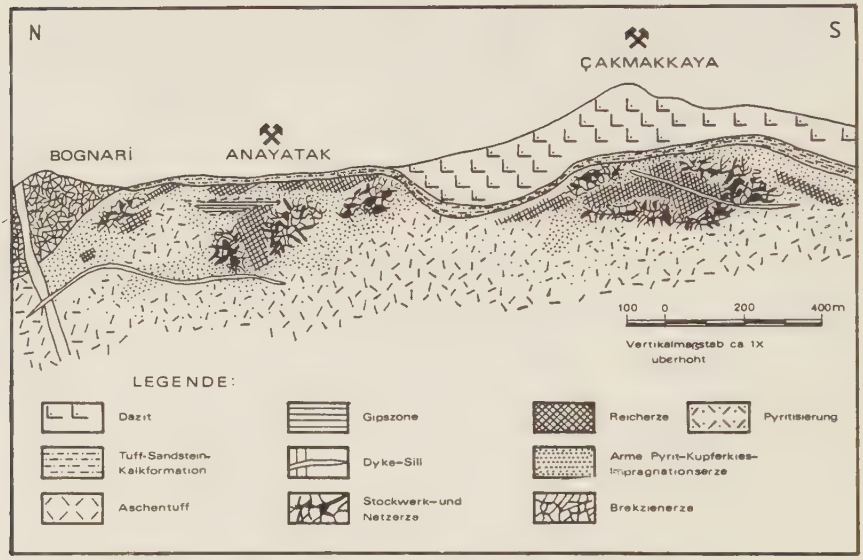


Abb. 13: Die räumliche Verteilung der Erzqualitäten der Lagerstätte Murgul (generalisiert nach SAWA & SAWAMURA 197o, ASLANER 1977 und eigenen Beobachtungen)

Für die vorstehend beschriebenen primären Erztypen lassen sich bei einem Vergleich mit den verschiedenen Alterationsarten, wenn auch mit Vorbehalten, im wesentlichen drei primäre Vererzungsphasen (Abb. 11)erkennen:

(I) Nach einer vorangegangenen Serizitisierung und Argillitisierung tritt eine erste Sulfiderzgeneration gemeinsam mit der letzten Phase der (generell durchlaufenden) Silifizierung auf, abgesehen von einem "Altbestand" an Pyrit (z.B. Framboide). Die Erzminerale sind durchwegs feinkörnig und stets mit Pflasterquarz, Serizit und Tonmineralen eng verwachsen (Taf. 9.1). Diese Paragenese bildet eine Art von "Grundmasse" für die jüngeren Strukturen der Phasen II und III in den Kernzonen der Lagerstätte, wobei auch schon kleine Suturen in mm-Dimension vererzt sein können.

(II) Das silifizierte Nebengestein mit seinem Sulfiderzanteil muß anschließend lokal mechanisch beansprucht und zerrüttet worden sein. Dadurch konnte eine weitere Mineralisationsphase in Form einer Stockwerkvererzung Platz nehmen (Taf. 9.2). Die Quarztrümer sind reichlich von Pyrit und untergeordnet Kupferkies begleitet, wodurch sich das typische dunkle Muster der Netzerze entwickelt. Bemerkenswert ist, daß hier lokal öfter Jaspis auftritt, der jedoch auch untergeordnet in der Phase (I) erscheint.

(III) Nach einer weiteren tektonischen Beanspruchung, die zu weitständigen Klüften führte, nehmen jüngste Erzmobilisate Platz. Sie durchschlagen in cm- bis dm-Breiten die Trümer, die Strukturen der älteren Generationen (Taf. 9.3). Dabei kommt es offensichtlich zur Wiederbelebung und Vergrößerung von Rupturen der zweiten Phase, wodurch sich Derberz-Gangtrümer von m-Reichweite entwickeln. Andere "diskordante" Gangtypen zeichnen sich durch idiomorphe Kristallentwicklung von Kupferkies, Pyrit und Quarz aus.

5. GEOCHEMIE

5.1 Bisher durchgeführte Arbeiten

Die in den vorangegangenen Kapiteln erwähnten lagerstättenkundlichen Bearbeitungen von Murgul ließen, verglichen mit der wirtschaftlichen Bedeutung der Lagerstätte, noch zahlreiche Fragenkomplexe unbeantwortet, da sie sich entweder auf eine Kartierung der Nebengesteine oder kursorische Untersuchungen der Erzparagenesen beschränkten. So ist es nicht verwunderlich, daß eine detaillierte geochemische Untersuchung der Lagerstätte ausstand.

Lediglich einige wenige geophysikalische Untersuchungen wurden in den vergangenen 4o Jahren ausgeführt.

So ließ KOVENKO (1941,1942: in HILMER et al. 1973) zum ersten Mal für die Erschließungs- und Erkundungsarbeiten Eigenpotential-Messungen (SP) durchführen, wertete die Ergebnisse aus und machte Vorschläge für weitere Untersuchungen.

Im Zuge einer Prospektion ließ ROMBERG (196o) im Süden der Lagerstätte Messungen mit induzierter Polarisation (IP) ausführen. Durch diese Untersuchungen wurde ein kleiner Erzkörper (Çarkbaşi) ca. 1 km südlich von Çakmakkaya entdeckt (s. Abb. 1o).

Erst STERN et al. (1971) unternahmen neben ihren geologisch-lagerstättenkundlichen Arbeiten auch erste geochemische Untersuchungen, allerdings nicht in der Lagerstätte Murgul, sondern an Erzvorkommen bzw. kleineren Lagerstätten der näheren und weiteren Umgebung (z.B. Akarşen, Başköy bzw. Didgele Dere, Hohur Sirti, Kilise Tepe und Silahkale-Orta Istasyon).

Die sehr umfangreiche Probenahme kann jedoch nicht kritisch ausgewertet werden, da keine exakten kartographischen Angaben über die Probepunkte existieren. Immerhin ermittelten die Autoren Background- und Threshold-werte für die Elemente Cu, Zn und Pb im Nebengestein der o.g. Lokalitäten und gaben die Verteilung der Elemente in einer geochemischen Isolinien-Karte wieder.

Im Rahmen der deutschen technischen Hilfe führten zuletzt HILMER et al. (1973) in der Umgebung der Tagebaue und besonders in Akarşen geochemische und lagerstättenkundliche Untersuchungen zur Prospektion auf weitere Erzvorkommen durch. Ein Ergebnis dieser Arbeiten war die Entdeckung eines

Cu-Erzausbisses (Mezra Sirti) mehrere km südöstlich der Lagerstätte.

Die nachfolgend beschriebenen geochemischen Untersuchungen können zwar teilweise auf diese beiden vorangegangenen Bearbeitungen Bezug nehmen. Sie stellen jedoch eine notwendige lokale Ergänzung dar, da der eigentliche Bereich der beiden großen Erzkörper und seines Rahmens bisher noch nicht geochemisch ausführlicher untersucht wurde.

5.2 Probenahme und Aufbereitung

Eine geochemische Analyse von Boden-, Gewässer- und Sedimentproben erscheint für den engeren Bereich der Lagerstätte sehr problematisch, da durch den Bergbau, die Aufbereitung und die Hütte eine ungewöhnlich starke Kontamination verursacht wird. So enthalten z.B. die Trübeabgänge der beiden Flotationsanlagen zwischen o,2 und o,4 % Cu. Aus diesem Grunde wurde die Probenahme zu dieser Arbeit weitgehend auf anstehende frische Gesteine und Erze beschränkt.

Im Tagebaubereich Murgul (Anayatak, Çakmakkaya und Bognari) und seiner näheren Umgebung wurden im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten 176 Nebengesteinsproben sowie 71 Erzproben und zusätzlich 41 Nebengesteins- sowie 12 Erzproben aus Bohrkernen entnommen (Tab.I[a]-V u. X-XVI,Anhang sowie Abb.14).

Zur Probenahme im Tagebaubereich und seiner näheren Umgebung wurden Traversen angelegt, die möglichst viele verschiedene Nebengesteine und Vererzungstypen erfassen. Die Auflistung der Traversen ist in Tab. 1 gegeben.

Traverse	Lokalität	Anzahl der Proben Erz-bzw.Gesteins-proben	Traverse	Lokalität	Anzahl der Proben Erz-bzw Gesteins-proben
A (1-13)	Anayatak-Çakmakkaya bis Tunba	13	C (1-17)	Anayatak	17
AC (1-11)	Çakmakkaya	11	D (1-33)	Anayatak	33
AC(49-68)	Çakmakkaya	20	E (1-5)	Çakmakkaya	5
AD (1-20)	Anayatak	20	E (6-30)	Çakmakkaya	25
B (1-8)	Anayatak	8			

Tab. 1: Zusammenstellung der Traversen bzw. Profile im Lagerstättenbereich (Anayatak, Çakmakkaya und Bognari)

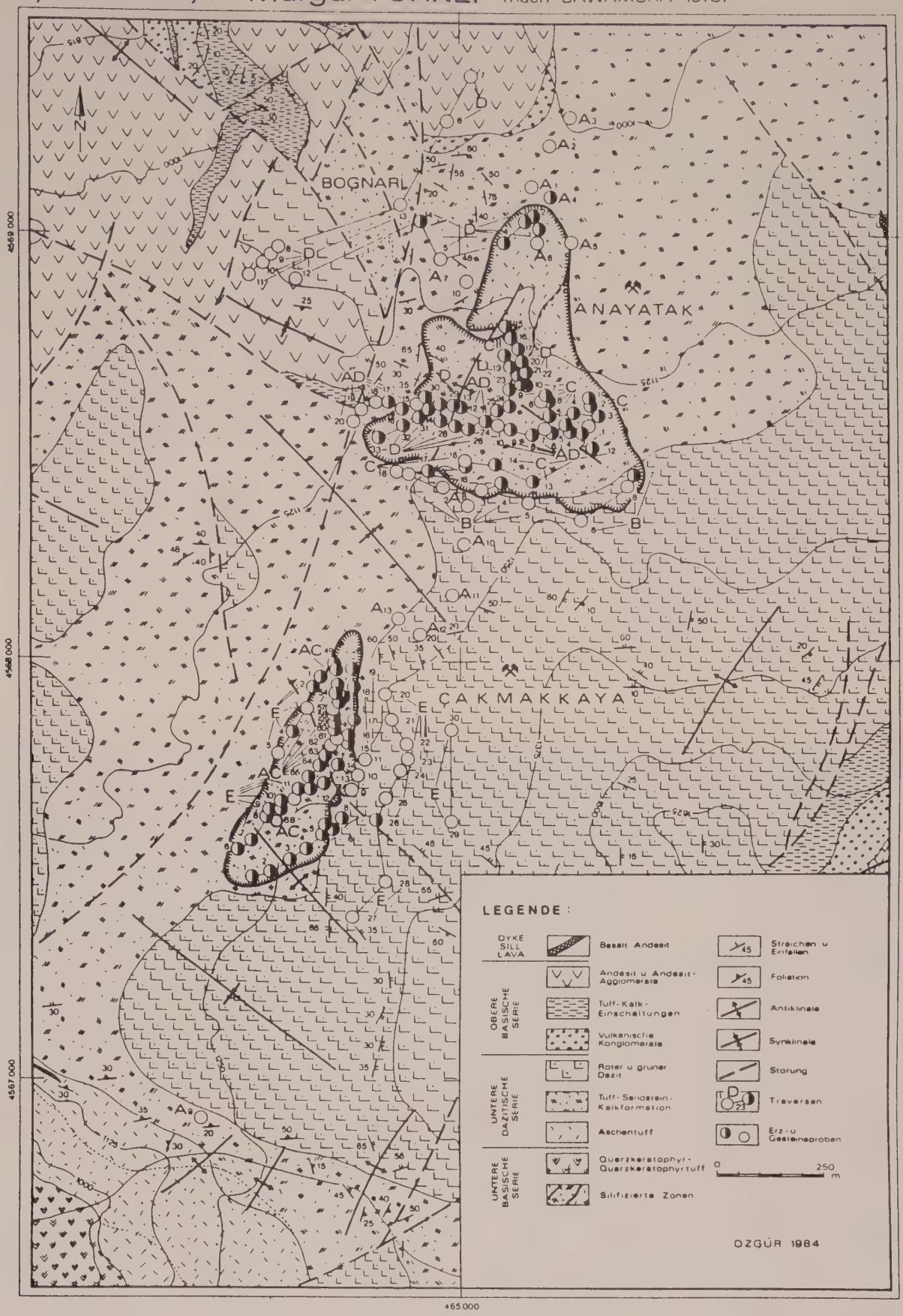


Abb. 14: Geologische Karte des Lagerstättenbereiches (Anayatak, Çakmakkaya) und Probenahmepunkte der Erz- und Nebengesteinstypen
- Beprobung in der weiteren Umgebung s. Abb. 5

Da zu Vergleichszwecken eine Beprobung des weiteren Lagerstättenbereiches wünschenswert erschien, erfolgte im Umkreis der Lagerstätte eine punktuelle Bemusterung der Gesteins- und Erzausbisse. Diese Einzelproben sind somit nicht nach Traversen zusammengestellt, sondern fortlaufend unter groß P (P 1 - P 6o : 6o Erz- und Nebengesteinsproben) numeriert bzw. unter Buchstabenabkürzungen (BA 1 bis BED 73 : 5o Erz- und Nebengesteinsproben) für bestimmte Lokalitäten. Soweit als möglich wurden die Proben aus dem Anstehenden genommen, in einzelnen Fällen auch aus Blockschutt.

Um die Eingabe der zahlreichen Analysenwerte in die Rechenanlage in EDV-lesbare Wertegruppen zu ermöglichen, wurden die verschiedenen Nebengesteins- und Erztypen mit einem Gruppenschlüssel versehen. Diese Bezeichnung ist aus Tab. 2 und Tab. 3, Spalte 1 zu entnehmen und in den Urlisten (Tab. I^a-V u. X-XVI, Anhang) Spalte 3 angegeben.

Zur Ergänzung der an der Tagesoberfläche entnommenen Proben konnten auch Bohrkerne, soweit sie noch im Archiv der Grube vorhanden waren, herangezogen werden, um eine dreidimensionale Betrachtung der Geochemie zu erreichen. Aus je einer Bohrung von Anayatak und Çakmakkaya wurden Kernproben von repräsentativen Nebengesteins- und Erztypen nach visueller Beurteilung entnommen.

Die Zerkleinerung der Nebengesteins- und Erzproben erfolgte im Labor des Instituts für Angewandte Geologie zum Teil mit Backenbrecher oder mit dem Hammer. Anschließend wurden die zerkleinerten Erzpartikel, soweit durch die analytische Zielsetzung notwendig, unter dem Binokular mit der Pinzette ausgelesen. Die Mahlung der Proben erfolgte mit einer Scheibenschwingmühle, deren Stahllegierung jedoch Co und Mo enthält. Aus diesem Grunde können diese beiden Elemente bei der geochemischen Auswertung nicht besonders berücksichtigt werden. Das Mahlgut wurde sodann auf einer Korngröße zwischen o,1 und o,2 mm heruntergesiebt. Da die Erzproben weiter mit dem Magnetschneider getrennt werden sollten, mußten sie zusätzlich mit Azeton behandelt werden.

	Petrographischer Schlüssel	Atomabsorp-tions-Spektral-photometrie	Neutronen-aktivierungs-analyse	Fluor-Potentiometrie
Spilit- u. spilitischer Tuff	o1	4	4	4
Quarzkeratophyr- u. Quarzkeratophyrtuff	o2	22	9	25
Dazitischer Tuff	o3	72+41*	31	88+41*
Roter und grüner Dazit	o4	29	2o	29
Andesit	o5	15	12	15
Kalkstein-Mergel	o6	7	-	7
Mikrogranit	o7	2	-	3
Summe	o1-o7	15o+41	76	164+41

Tab. 2: Anzahl der mit den verschiedenen Methoden geochemisch untersuchten Gesteinsproben nach der petrographischen Zuordnung
(*: Bezeichnung für Bohrkernproben)

	Gruppenschlüssel	Atomsorp-tions-Spektral-photometrie	Funkenquellen-massenspektro-metrie	Neutronen-aktivierungs-analyse
Kupferkies-Anayatak	o8	33	8+6*	4
Kupferkies-Çakmakkaya	o9	9	4+6*	4
Kupferkies-Umgebung von Murgul	1o	4	1	-
Pyrit-Anayatak	11	4	5	1
Pyrit-Çakmakkaya	12	1	-	-
Pyrit-Umgebung von Murgul	13	6	3	2
Zinkblende-Anayatak	14	2	1	-
Zinkblende-Umgebung von Murgul	15	-	-	-
Summe				
Kupferkies-Murgul	o8-1o	46	13+12*	8
Pyrit-Murgul	11-13	11	8	3
Zinkblende-Murgul	14-15	2	1	-

Tab.3: Anzahl der mit verschiedenen Methoden geochemisch untersuchten Erzproben
(*: Bezeichnung für Bohrkernproben)

5.3 Aufschlußverfahren

Zur Analyse der Erz- und Nebengesteinsproben kamen sehr unterschiedliche Analysenverfahren zur Anwendung, die in vielen Fällen unterschiedliche Aufschlußverfahren bedingten.

(i) Zur Atomabsorptions-Spektralphotometrie (AAS): Für Nebengesteinsproben wurde ein Silikataufschluß durchgeführt. In ein Teflongefäß werden 2,oo g Probensubstanz eingewogen und mit 1 ml Königswasser sowie 6 ml HF (4o %) versetzt. In einer fest verschlossenen Stahlbombe (Parr Instrument Co., Moline, Ill., USA) wird der Aufschluß im Trockenschrank 45 Minuten lang bei einer Temperatur von 11o° C erhitzt. Nach dem Abkühlen werden 5,6 g Borsäure (gelöst in etwa 2o-25 ml aqua dest.) zugesetzt und schließlich wird mit aqua dest. auf 25o ml aufgefüllt (Verdünnungsfaktor 5oo).

Für Erzproben wurde ein besonderer Sulfidaufschluß angewendet. Die unter dem Binokular getrennten Pyrit-, Kupferkies- und Zinkblendeproben werden im Achatmörser zu einem Pulver zerrieben. Davon werden o,5 g in einen Erlenmeyerkolben eingewogen und in 2o ml konz. (ZnS) bzw. 15 ml konz. HNO_3 und 5 ml HCl (FeS_2, $CuFeS_2$) gegossen. Unter häufigem Umschwenken erwärmt man langsam auf etwa 5o° C und läßt diese Lösung eine Stunde bei konstanter Hitze stehen. Um den abgeschiedenen elementaren Schwefel besonders bei Kupferkies und Pyrit zu oxydieren, setzt man o,5 ml flüssiges Brom zu. Dann filtert man ab und verdünnt das Filtrat mit aqua dest. auf 2oo ml (Verdünnungsfaktor 4oo). Der Filterrückstand wird eingewogen. Bei Betrachtung unter dem Binokular muß er einheitlich grau bis weiß aussehen und darf keinen elementaren Schwefel und schwarze Sulfid-Partikel enthalten.

(ii) Zur Instrumentellen Neutronenaktivierungsspektrometrie (INAA): Die analysenfein gemahlenen Nebengesteinspulver werden in einer Menge zwischen 1oo bis 2oo mg in hochreine Quarzampullen gefüllt, die dann gewogen und abgeschmolzen werden. Alle Quarzampullen werden 1 cm hoch gefüllt, um für alle Proben die zur Aktivierungsmessung erforderliche, gleiche Geometrie zu erhalten. Nach der Bestrahlung werden die Ampullen mit Azeton-Alkohol und bidestilliertem Wasser abgespült, um eine äußere Kontamination zu vermeiden.

(iii) Funkenquellenmassenspektrometrie (SSMS): Die separierten Mineralphasen (Pyrit, Kupferkies und Zinkblende) werden 2 x 6 Minuten lang mit einer RETSCH-Pistilmühle (BC-Mahlgefäß) fein gemahlen; 2oo-3oo mg der Probensubstanz werden sodann mit jeweils 6oo-9oo mg Ag-Pulver (99,999 % Ag, Denetron, Degussa) eingewogen, 24 Stunden am Probenschüttler gemischt und 6 Minuten lang in der RETSCH-Pistilmühle nachgemahlen. Aus dem mit metallischem Ag vermischten Pulver werden in Polyäthylenzylin-

dern Elektroden mit einer Länge von 11 mm und Durchmesser von 2 mm bei einem Druck von 8/t cm^2 gepreßt.

Die Reinigung der BC-Mahlgefäße erfolgte durch jeweils 6-minütiges Mahlen mit Korund-(2oo) und Schmirgelpulver. Danach wurden sie unter fließendem Wasser gespült und nacheinander im Ultraschalltopf mit Wasser+Extran, aqua dest., Trichloräthylen+Azeton behandelt.

(iv) Zur Fluor-Destillation: 2,ooo g des gemahlenen Nebengesteines werden in den 1oo ml-Probenkolben der Destillationsapparatur (Otto Fritz GmbH, Hofheim-Taunus) eingewogen und 1,ooo g analysenreines Quarzpulver beigefügt. Nach Zugabe von 25 ml Ortho-Phosphorsäure (85 %) wird der Meßkolben für 25 - 3o Minuten in die aufgeheizte Destillationsapparatur gespannt. Das Destillat wird in einem Meßkolben aufgefangen und mit aqua dest. auf 25o ml aufgefüllt (Verdünnungsfaktor 125). Eine ausführliche Beschreibung des Aufschlußverfahrens ist bei ZIMMER (1976) nachzulesen.

5.4 Analysenmethoden

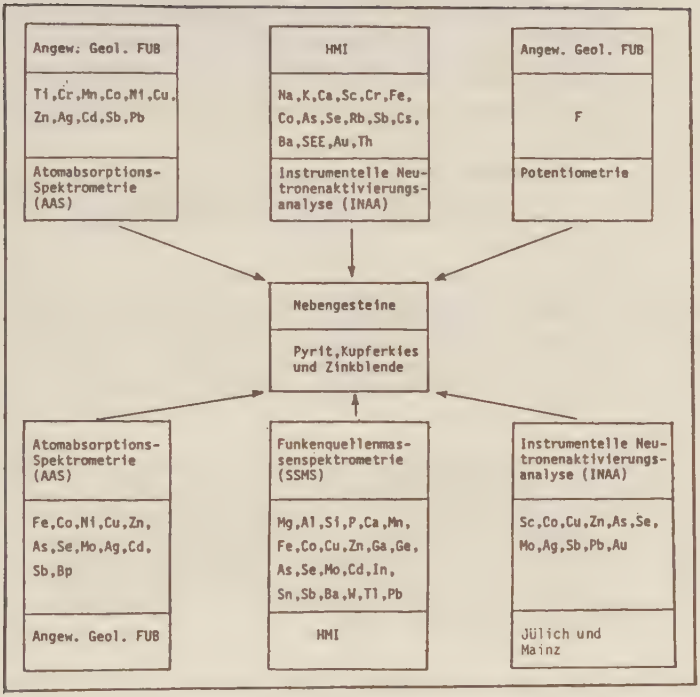
Einen Oberblick zu den verwendeten Analysentechniken gibt die Tab. 4. Alle Verfahren sind Standard-gebunden.

Einen wesentlichen Bestandteil der geochemischen Analytik für die Nebengesteine bildeten die AAS und INAA zur Bestimmung der Spuren- bzw. einiger Hauptelemente.

Zur Bestimmung der Spurenelemente in Pyrit-, Kupferkies- und Zinkblende wurden AAS und SSMS eingesetzt. Zusätzliche Daten lieferte die INAA zur Kontrolle der Reproduzierbarkeit der anderen Verfahren.

Für die Bestimmung der F-Gehalte in Nebengesteinen stand eine ionen-sensitive Elektrode zur Verfügung (Potentiometrie).

(i) Atomabsorptions-Spektralphotometrie (AAS): Zur Bestimmung der in Tab. 4 angegebenen Spurenelemente in den Nebengesteinen wurden die AAS-Geräte Perkin-Elmer Modell 4oo und Perkin-Elmer Modell 5ooo mit HGA 5oo (Graphitrohrküvette) am Institut für Angewandte Geologie der Freien Universität Berlin benutzt. Hier wurden die Messungen nach Anweisungen der Handbücher von Perkin-Elmer für AAS-4oo und AAS-5ooo mit HGA 5oo und Autosampler 5o (für Flammenanregung) sowie AS 4o (Bestimmungen im Graphitrohr) durchgeführt.



Tab. 4: Analysenmethoden, Probentypen und bestimmte Elemente

Die internationalen Gesteinsstandards AGV-1, G-2, GSP-1, BCR-1, vom USGS (USGeological Survey) und GM vom ZGI (Zentrales Geologisches Institut, Berlin/DDR) sowie künstliche Standards mit Beigabe der Aufschlußsäure lagen der Erstellung der Eichkurven zugrunde.

Außerdem wurden Spurenelemente (s.Tab. 4) in Pyrit-, Kupferkies- und Zinkblendeproben nach dem gleichen Verfahren analysiert. Für die Eichkurvenerstellung wurden aus Titrisol-Lösungen eigene Standards hergestellt und Konzentrations-Messungen durchgeführt. Zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit dieses Verfahrens wurden die Meßwerte mit Daten aus demselben Probenmaterial verglichen, die mittels SSMS im Hahn-Meitner Institut für Kernforschung, Berlin und mittels INAA in Jülich bzw. Mainz gemessen worden sind.

(ii) Instrumentelle Neutronenaktivierungsspetrometrie (INAA): Hiermit wurden die in Tab. 4 angegebenen Elemente, besonders auch die Seltenerd-Elemente (SEE: La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb und Lu) der Nebengesteinsproben im Hahn-Meitner Institut für Kernforschung, Reaktor Berlin II, analysiert. Eine ausführliche Beschreibung des Analysenverfahrens ist bei DULSKI (1980) angegeben.

Zur Ergänzung der in Berlin gewonnenen Daten wurden weitere 10 Erzproben nach dem gleichen Verfahren in den Forschungsreaktoren Jülich bzw. Mainz, auch vor allem auf Gold (Au), untersucht.

(iii) Funkenquellenmassenspektrometrie (SSMS): Mit diesem Verfahren wurden in 36 Erzproben (Pyrit, Kupferkies und Zinkblende) die in Tab. 4 angegebenen Elemente ebenfalls im Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung, Berlin analysiert. LUCK (1974) und DULSKI (1980) beschrieben das angewandte Analysenverfahren ausführlicher.

(iv) Fluor-Potentiometrie: 20 ml der in der Vorlage aufgefangenen Proben-Destillate und 10 ml Essigsäure/Puffer werden in einen 100 ml-Glasbecher umgefüllt,und zur Messung wird eine ionensensitive F-Elektrode eingetaucht. Während der Spannungsmessung muß die Lösung mit einem Magnetrührer bewegt werden. Die Spannungs- bzw. Konzentrationsmessungen wurden mit dem Ionen-Meter Modell/901 nach den Anweisungen von Fa. Orion Research. Inc. durchgeführt (ZIMMER 1976).

5.5 Geochemie der Vulkanite

Da das Nebengestein der Vererzung im engeren Bereich der Lagerstätte intensiv alteriert, vor allen Dingen silifiziert ist, erschien eine petrochemische Analyse der Hauptelemente wie z.B. Si, Al und Mg wenig sinnvoll. Daher wurde die Analyse auf einige Hauptelemente beschränkt, die eine Auskunft über die Intensität der Alteration erhoffen ließen (wie z.B. Fe, Mn, Ti, Na und K). Besonderes Gewicht wurde dagegen auf die Erfassung möglichst vieler Spurenelemente gelegt (wie z.B. Ni, Cr, Sc und SEE).

Um einen möglicherweise existierenden Kontrast zwischen der mineralisierten Kernzone eines jeden Erzkörpers und den nicht vererzten, aber gleichfalls alterierten lateralen Randbereichen zu erfassen, wurden Probenahme und Analytik entsprechend ausgedehnt (Abb. 14, Taf. 1-4 , Anhang).

Für die Klärung genetischer Fragen und zur Unterstützung eines geochemischen Prospektionskonzeptes wurde der Komplex der hangenden roten und grünen Dazite (UDS) ebenfalls ausführlicher beprobt. Zur Ergänzung der gesteinsgeochemischen Untersuchungen im "stratigraphisch" engeren Lagerstättenniveau wurden auch die älteren Vulkanitkomplexe (UBS) sowie die jüngeren Sedimentite und Vulkanite (OBS) im weiteren Umkreis von Murgul mit in die Analytik einbezogen (Abb. 5).

Nachdem eine erste Sichtung der Analysendaten für die weiter entfernt gelegenen Bereiche nur die für die betreffenden Gesteinstypen üblichen Gehalte ergab, wurde auf ihre intensivere, weitere Auswertung im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Lediglich die SEE-Daten von Akarşen wurden zu Vergleichszwecken herangezogen (s.S. 91).

> Alle Analysenergebnisse sind in Urlisten (Tab. I-III, s. Anhang) zusammengestellt. Dabei ist zu berücksichtigen, daß eine Reihe von Proben aus technischen und methodischen Gründen nicht vollständig bzw. überhaupt nicht analysiert werden konnte. Die Rechenanlage des Hahn-Meitner-Institutes für Kernforschung, Berlin (s.S. 72) ermittelte nach den Urlisten die üblichen statistischen Kenngrößen (Tab. VI-IX , s. Anhang).

Die Neben- und Spurenelementgehalte der verschiedenen Vulkanitkomplexe sind zunächst mit ihren Medianwerten in Abb. 15 zusammenfassend dargestellt. Der alterierte Tuff als Nebengestein der Lagerstätte hebt sich durch die Kombination der positiven F- und Cu-Werte mit den negativen Mn- und Ti-Werten deutlich von den übrigen Gesteinstypen ab. Die Abreicherung der SEE-Werte kommt in dieser Darstellung zunächst nicht deutlich zum Ausdruck und wird auf S.9o ausführlicher diskutiert.

Die für die Alteration und Vererzung der Kernzone signifikanten Elemente (As, Cu, F, Mn, Ti und Zn) zeigen noch deutlichere Kontraste, wenn ihre Verteilung im engeren Lagerstättenbereich betrachtet wird (Abb. 16). Hier ist der Unterschied zwischen dem alterierten Nebengestein der Erzkörper (= dazitischer Tuff) und dem hangenden, tauben Dazit noch deutlicher erkennbar.

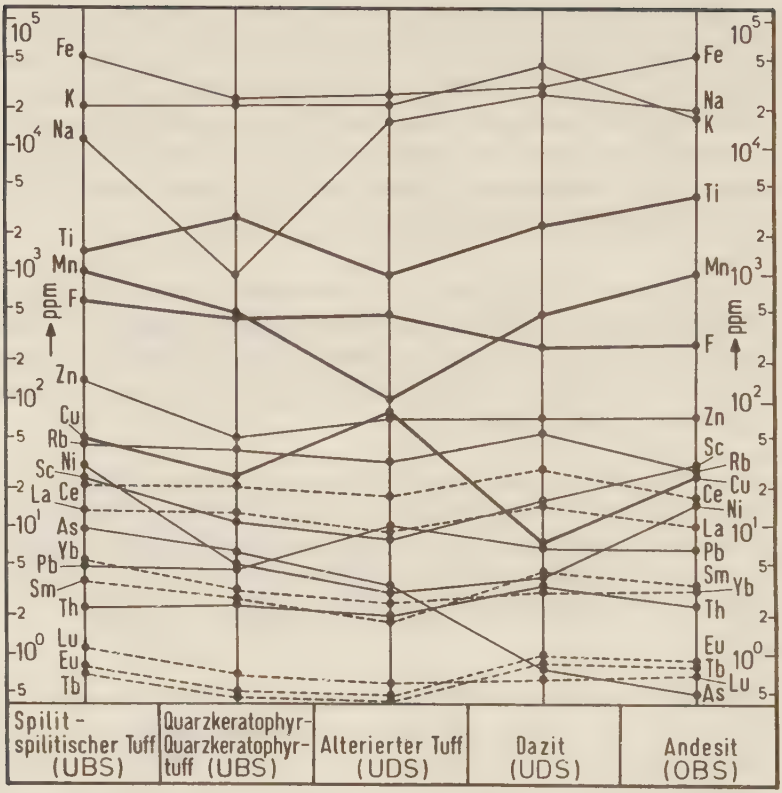


Abb. 15: Elementverhältnisse nach Medianwerten aller untersuchten Vulkanitproben (n = 167)

Ein direkter Vergleich mit den lithogeochemischen Daten von Madenköy (ÇAGATAY & BOYLE 1980) ist nicht möglich, da die Autoren zunächst einmal eine andere stratigraphische Position innerhalb der vulkanischen Serien, nämlich die Obere Basische Serie (OBS), annehmen, die sich nach den Ergebnissen von DIETERLE (1985) jedoch nicht bestätigen läßt. Außerdem gibt sich offensichtlich der regionale metallogenetische Trend auch lithogeochemisch insofern zu erkennen, als in dem Gebiet von Madenköy generell bereits Pb-Zn Vormacht gegenüber dem Cu ausgeprägt ist (s.S.123).

Die Verteilung einzelner Elementgruppen in den verschiedenen Gesteinstypen von Murgul wird nachfolgend kurz diskutiert, wobei die Elemente meist in der Reihenfolge ihrer Ordnungszahlen aufgeführt sind.

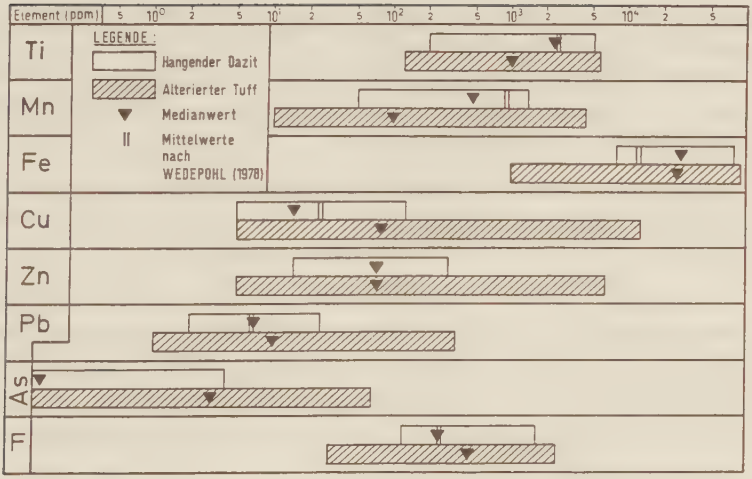


Abb. 16: Variationsbreite und Medianwerte von Spurenmetallen und F im hangenden, tauben Dazit und vererzten, alterierten Tuff.

5.5.1 Spurenmetalle

5.5.1.1 Spurenmetalle im engeren Lagerstättenbereich

Scandium (Sc) erreicht in den alterierten (dazitischen) Tuffen einen Mittelwert von 14 ppm, der im Vergleich zum Mittelwert des hangenden, tauben Dazites kaum verändert ist. Der taube Dazit weist einen Mittelwert von 16 ppm auf, der mit dem Sc-Mittelwert von 21 ppm eines Durchschnitts-Dazites (FRYCKLUND & FLEISCHER 1962: in FRONDEL 197o) ungefähr übereinstimmt.

Titan (Ti): Dieses Element deutet mit seiner Variationsbreite eine starke Abhängigkeit von der Alteration ab.

Die alterierten Tuffe weisen einen Ti-Mittelwert von 1ooo ppm (Spannweite: 125 - 575o ppm) auf. Im Vergleich zum Dazit läßt sich feststellen, daß die Ti-Gehalte in den alterierten Tuffen erheblich abnehmen. Dies könnte nach den Erhebungen von MIDDLEMOST (1972: in CORRENS 1972) sowohl auf die starke Silifizierung, durch die die Ti-Gehalte in dem Gestein "verdünnt" wurden, als auch auf die Auflösung der Ti enthaltenden Minerale (z.B. Rutil, Ilmenit, Plagioklas, Pyroxen und Amphibol) zurückgeführt werden.

Demgegenüber weisen die Ti-Gehalte in den hangenden, tauben Daziten einen Mittelwert von 21oo ppm (Median: 23oo ppm) auf. Sie entsprechen nach CORRENS (1972) dem für einen Dazit zu erwartenden Wert.

Ti ist sowohl in den alterierten Tuffen als auch in den Daziten mit Mn korrelierbar, während sich in den basischen Gesteinen keine Korrelation ergibt (s.S. 77). Daraus ergibt sich, daß Mn in den alterierten, vererzten Tuffen der Verarmung von Ti entsprechend abnimmt (Taf. 2 u. 4, Anhang) und damit auch als ein Leitelement für den Vererzungsprozeß angesehen werden kann (Abb. 33).

Das gleiche Verhalten zeigen Ti und Mn auch dreidimensional in den Bohrprofilen von Anayatak und Çakmakkaya (Taf. 5-6 , Anhang).

Chrom (Cr) ist in den alterierten (dazitischen) Tuffen mit einem Mittelwert von 13 ppm (Median: 11 ppm) vertreten, der auch in den dazitischen Tuffen von Madenköy/Ostpontiden mit 17 ppm von ÇAGATAY & BOYLE (198o) nachgewiesen wurde.

Der hangende, taube Dazit dagegen weist einen Cr-Mittelwert von 5 ppm (Median: 4 ppm) auf, der mit dem Mittelwert eines Durchschnitts-Dazites vom Inselbogentypus mit 4 ppm gut über-

einstimmt (JAKES & WHITE 1972).

Die ungewöhnlich hohen Cr-Werte in den alterierten Tuffen von Murgul und Madenköy müssen wahrscheinlich auf eine Kontamination während der Probenpräparation (Mahlung ?) zurückgeführt werden, sind somit nicht eindeutig interpretierbar.

Mangan (Mn) erreicht im Durchschnitts-Dazit nach WEDEPOHL (1972) einen Mittelwert von 93o ppm. Der hangende Dazit im Lagerstättenbereichweist jedoch nur einen Mittelwert von 52o ppm (Median: 47o ppm) auf. Es ist vorstellbar, daß Mn in den Daziten während einer schwachen Alteration abgeführt wurde. So deutet die große Spannweite der Mn-Werte in den Daziten offensichtlich Bereiche unterschiedlicher, schwacher Alteration an.

In den alterierten Tuffen dagegen erreicht das Mn nur einen Mittelwert von 363 ppm (Median: 1oo ppm). Diese beachtliche Verarmung wie auch die wiederum große Spannweite der Werte deutet, zusammen mit dem Verhalten von Ti, die starke Abhängigkeit des Mn von den mit der Vererzung verbundenen Alterationsprozessen an. Auch in den Bohrprofilen ist die Abreicherung von Mn deutlich erkennbar (Taf. 1 u. 4 , Anhang).

Das Mn eignet sich somit, wie auch das Ti, als gesteinsgeochemischer Indikator für die mit der Alteration verbundene Vererzung (s.S. 119).

Eisen (Fe) weist in den alterierten Tuffen einen Mittelwert von 3,3 % auf (Tab.VII, Anhang). Nach ÇAGATAY & BOYLE (198o) erreicht Fe in analogen dazitischen Tuffen von Madenköy/Ostpontiden einen Mittelwert von 3,7 %, was dem Durchschnittswert von Murgul entspricht.

Im Arbeitsgebiet ist Fe im hangenden, tauben Dazit mit einem Mittelwert von 3,o % vertreten (Taf. VII, Anhang). Dieser hohe Fe-Gehalt sollte im Vergleich zum Durchschnitts-Dazit mit einem Mittelwert von 1,2 % (WEDEPOHL 1978) eine Anreicherung aufweisen und zweifellos mit der sekundären Hämatitisierung zusammenhängen (s.S. 32).

Demgegenüber erreicht Fe einen Mittelwert von 1,8 % in den dazitischen Tuffen von Madenköy/Ostpontiden (ÇAGATAY & BOYLE 198o). Offensichtlich fand die schwache Alteration ohne wesentliche Beeinflussung des Fe-Gehaltes statt.

Bei der Betrachtung des Mn/Fe-Verhältnisses fallen die niedrigen Werte in den alterierten Tuffen gegenüber dem hangenden, tauben Dazit auf. In den Tuffen schwankt das Verhältnis um o,oo4, während es im Dazit o,o16 erreicht.

Cobalt (Co) und Nickel (Ni): Die ungewöhnlich hohen Co-Werte müssen unter Vorbehalten betrachtet werden, da sie offensichtlich auf Kontamination während der Probenpräparation (Mahlung !) zurückzuführen sind. Eine nachträglich durchgeführte Prüfung ergab, daß beim Mahlen im Wolfram-Carbid-Stahlgefäß eine geringe Co-Kontamination erfolgt war.

Die ermittelten Co-Gehalte schwanken im alterierten Tuff um 2o ppm und im hangenden, tauben Dazit um 21 ppm.

Das Ni ist in vielen Probenlösungen wegen der Verdünnung (1 : 5oo) meist an- oder unter der Nachweisgrenze (5 ppm) enthalten (Tab. VII, Anhang). Da auch mit der INAA nur unzuverlässige Daten erhalten werden konnten, muß auf eine eingehendere Auswertung verzichtet werden.

Kupfer (Cu): Für den weiteren Lagerstättenbereich ist die Verteilung des Kupfers, dem Wertmetall des Bergbaubetriebes, in Abb. 17 gesondert dargestellt. Dabei wurden zur Vereinfachung der Übersicht zunächst zwei Wertegruppen gebildet, die unter bzw. über dem Medianwert von 8o ppm in den alterierten (dazitischen) Tuffen liegen. Die statistische Ermittlung des Medianwertes erfolgte sowohl rechnerisch (Tab. VII, Anhang) als auch graphisch (Abb. 18). Zur Verdeutlichung der genetischen Problematik und aus explorationstechnischen Gründen ist dieser Medianwert von etwa 8o ppm auch für die hangenden, tauben Dazite willkürlich angesetzt. Dadurch werden beide Gesteinsgruppen für die Bergbaupraxis petrochemisch charakterisiert, obwohl der wirkliche Median für die Dazite erheblich tiefer liegt (s.u.).

Cu ist in den alterierten Tuffen mit einem Median von 8o ppm (Spannweite: 5 - 13.ooo ppm, Mittelwert: 869 ppm) vertreten (Tab. VII, Anhang). Hier mußte als mittlerer Cu-Gehalt ein rechnerisch ermittelter Medianwert genommen werden, der den Einfluß einiger relativ hoher Cu-Werte aus der Kernzone der Lagerstätte vermeidet, die offensichtlich bereits eine schwache Vererzung repräsentieren.

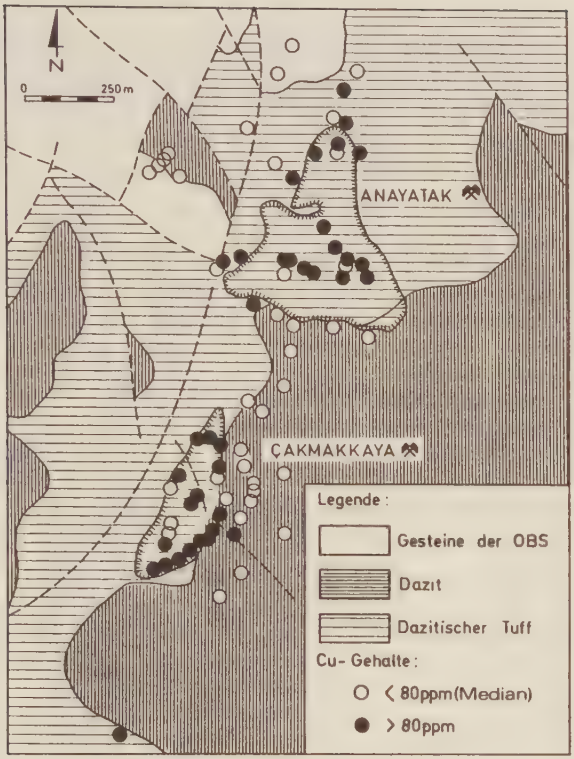


Abb. 17: Die Cu-Verteilung im weiteren Lagerstättenbereich von Murgul
- Der Medianwert bezieht sich aus explorationstechnischen Gründen auf den alterierten (dazitischen) Tuff

Dagegen weist der hangende, taube Dazit einen Cu-Medianwert von 15 ppm (Tab. VII, Anhang) auf, welcher mit dem Cu-Mittelwert eines Durchschnitts-Dazites von 13 ppm in guter Übereinstimmung steht (JACK & CARMICHAEL 1969: in WEDEPOHL 1972).

Für die Cu-Verteilung in den alterierten Tuffen und hangenden, tauben Daziten wurden außerdem Histogramme gezeichnet (Abb. 18). Die Verteilung in den alterierten Tuffen zeichnet sich durch drei Cu-Populationen aus. Zur statistischen Auswertung nach SPIEGEL (1972) blieben ebenfalls wieder die extremen Werte (3. Population) über 1800 ppm unberücksich-

tigt (s.o.). Danach zeigt sich auch bei der angewendeten graphischen Methode eine gute Übereinstimmung mit dem rechnerisch ermittelten Medianwert.

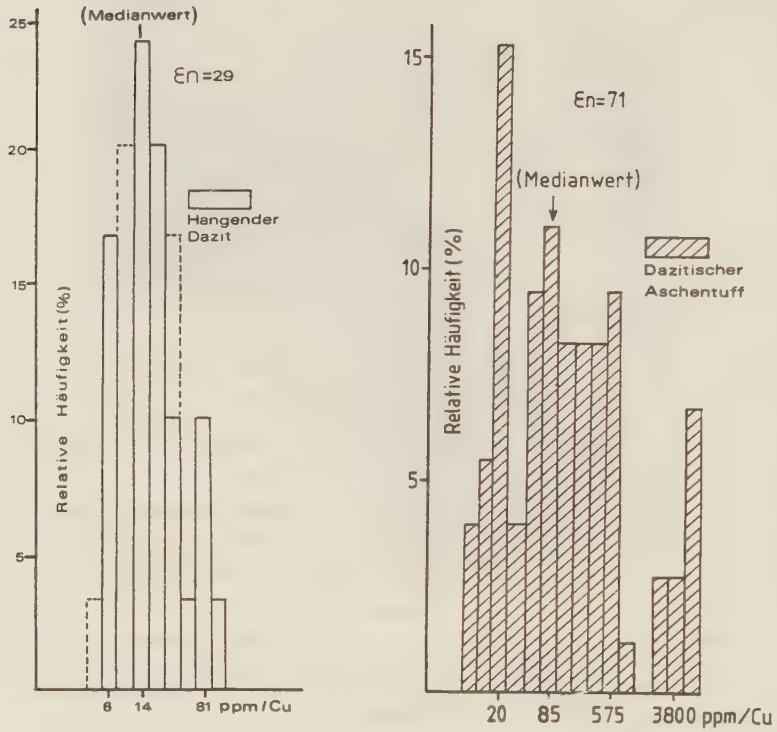


Abb. 18: Histogramme der Cu-Verteilungen in den hangenden, tauben Daziten und alterierten (dazitischen) Tuffen
- Die graphische Ermittlung der Medianwerte erfolgte nach SPIEGEL (1972). Dazu wurden für den alterierten Tuff die drei Wertegruppen der "Anomalie" nicht berücksichtigt.

Auf die gleiche graphische Weise konnte auch ein "threshold" von 575 ppm ermittelt werden. Da sich die Probenahme jedoch im wesentlichen auf die vererzte Kernzone der Lagerstätte bezog, hat die Angabe eines "thresholdes" keine Bedeutung.

In der Abb. 17 sind außerhalb der östlichen Begrenzung des Tagebaues Çakmakkaya drei Cu-Werte mit über 8o ppm eingetragen. Die Proben beziehen sich jedoch nicht auf den hangenden Dazit, sondern vielmehr auf kleine, tektonisch eingeschuppte Schollen von alteriertem Tuff, die wegen ihrer geringen Größe nicht mehr in dieser Graphik dargestellt werden konnten (vgl. Taf.1u.4 , Anhang).

Sowohl aus den Karten- und Profildarstellungen wie aus den statistischen Ermittlungen geht deutlich hervor, daß die Cu-Gehalte in den alterierten Tuffen - soweit nur die nicht vererzten Proben des Nebengestein berücksichtigt werden - um mindestens den Faktor 5 gegenüber dem hangenden, tauben Dazit angereichert sind.

Dieser gesteinsgeochemische Kontrast steht in gutem Einklang mit dem gegenläufigen Trend der Ti- und Mn-Verteilung (Abb. 16).

Einer deutlichen Cu-Anreicherung in den alterierten Tuffen steht eine entsprechende Verarmung von Mn und Ti gegenüber. Das Verhältnis im hangenden, tauben Dazit ist reziprok (Abb. 16 u. S. 76).

Im Gegensatz dazu zeigt das F einen merklichen Anstieg parallel zu den Cu-Werten (Abb. 27 u. S. 99).

Zink (Zn) erreicht in den alterierten (dazitischen) Tuffen einen Medianwert von 75 ppm (Spannweite: 5 - 664o ppm), der im Vergleich zum Durchschnitts-Tuff mit einem Mittelwert von 6o ppm (ÇAGATAY & BOYLE 198o) eine leichte Erhöhung aufweist.

Die Zn-Verteilung für den weiteren Lagerstättenbereich ist zur Vereinfachung der Übersicht (unter bzw. über dem Medianwert von 75 ppm in den alterierten (dazitischen) Tuffen und hangenden, tauben Daziten), in Abb. 19 wiederum unter abweichenden Bedingungen (s.S.82) dargestellt. Als Grenze zwischen beiden Wertegruppen wurde der rechnerisch ermittelte Medianwert angenommen, wobei für den Tuff und den Dazit gleiche Medianwerte vorliegen (Tab. VII, Anhang u. Abb. 16). Hier treten die hohen Zn-Gehalte (über dem Medianwert) meist in der Kernzone und selten am Kontakt zum hangenden, tauben Dazit auf.

Da Zn-Gehalte für den Durchschnitts-Dazit bei 72 ppm angegeben werden (SAVUL et al. 1956 a : in WEDEPOHL 1969), sind die verhältnismäßig hohen Werte vom hangenden, tauben Dazit, die um 1o bis 25 % über dem

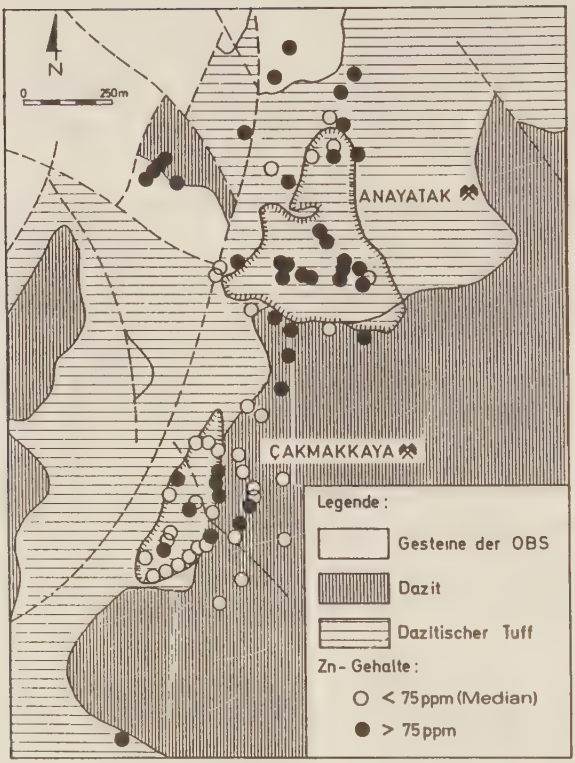


Abb. 19: Die Zn-Verteilung im weiteren Lagerstättenbereich von Murgul

Median von 75 ppm liegen, nicht ungewöhnlich.

Viel auffallender sind Zn-Gehalte von unter 75 ppm im Lagerstättenbereich, was die erzmikroskopische Beobachtung bestätigt, wonach Zinkblende in der Paragenese des Erzkörpers sehr unregelmäßig verteilt ist.

Blei (Pb) ist in den alterierten (dazitischen) Tuffen mit einem Mittelwert von 1o ppm (Spannweite: 5 - 325 ppm) vertreten. Generell stimmt der Pb-Gehalt in den Tuffen von Murgul mit dem Mittelwert eines Durchschnitts-Tuffes von 9 ppm aus Madenköy (ÇAGATAY & BOYLE 198o) überein.

Demgegenüber ist der relativ hohe arithmetische Mittelwert von 24 ppm durch erhöhte Pb-Gehalte in der Kernzone der Lagerstätte zu erklären. Hier ist Bleiglanz zwar nur in mikroskopischer Größenordnung, aber doch weit verbreitet zu finden.

Im hangenden, tauben Dazit tritt Pb mit einem Medianwert von 7 ppm (Spannweite: 2 - 25 ppm) auf, der mit dem Mittelwert eines Durchschnitts-Dazites von 1o ppm (WEDEPOHL 197o) relativ gut übereinstimmt.

Die Spurenelemente Pb und Zn zeigen in der gesteinsgeochemischen Traverse über die Lagerstätte in ihrer Verteilung einen Trend, der analog zum Cu liegt (Taf. 1 , Anhang).

Arsen (As), Selen (Se), Antimon (Sb) und Cadmium (Cd): Die nachstehend besprochenen Spurenelemente liegen entweder mit ihren Gehalten dicht an- oder unter der Nachweisgrenze der angewendeten Analysenmethoden und konnten deshalb nur bei wenigen Proben exakt erfaßt werden. Deshalb sind sie nur unter Vorbehalt zu betrachten.

Arsen (As) konnte im alterierten (dazitischen) Tuff nur bei 17 Proben erfaßt werden, sein Medianwert wurde rechnerisch mit 3 ppm ermittelt. Verglichen mit dem von ÇAGATAY & BOYLE (198o) angegebenen Mittelwert von 2 ppm liegt das arithmetische Mittel von Murgul bei 9 ppm, was auf eine Erhöhung der As-Gehalte in Murgul schließen lassen könnte. Da hier jedoch relativ häufig Fahlerz in mikroskopischen Korngrößen auftritt, dürften die erhöhten As-Werte von Murgul zu einem Teil auf dieses Mineral bezogen werden.

Für den hangenden, tauben Dazit läßt sich aus 14 Proben mit Gehalten über der Nachweisgrenze hypothetisch ein Medianwert von o,11 ppm (Spannweite: o,o3 - 4 ppm) errechnen (Tab. VII, Anhang). Damit ist zumindest angedeutet, daß das As in den vererzten alterierten Tuffen angereichert wird.

Selen (Se) konnte nur in drei Tuffproben mit Werten von 3 bis 16 ppm nachgewiesen werden; im hangenden Dazit liegen die Werte sämtlich unter der Nachweisgrenze.

Da nach SINDEEVA (1964: in LEUTWEIN 1974) alkalische Vulkanite Gehalte unter 1 ppm haben, sind zumindest die 3 Analysendaten aus der vererzten Zone von Murgul insofern interessant, als die meisten Kupferkiesproben im zentralen Erzkörper ungewöhnlich hohe Se-Gehalte aufweisen. Vermutlich sind die drei erhöhten Se-Werte auf isolierte Kupferkieskörner im Nebengestein zurückzuführen.

Antimon (Sb): Auch für das Sb liegen die Werte in den meisten Proben unter der Nachweisgrenze (für AAS: 5 ppm, für INAA: 1 ppm), weshalb ebenfalls auf eine statistische Auswertung verzichtet werden mußte.

Lediglich 9 Proben aus den Tuffen haben Werte zwischen 1o - 2o ppm und nur eine Probe aus dem hangenden Dazit 15 ppm (Tab. I-II, Anhang). Demnach ist eine merkliche erhöhte Sb-Anreicherung in den alterierten Tuffen gegenüber dem hangenden Dazit zu beobachten. Jedoch gilt auch hier die oben gemachte Bemerkung zum As, wonach in diesen Proben vermutlich mikroskopisch kleine Fahlerzkörner enthalten waren.

Cadmium (Cd) liegt in den meisten Proben dicht an der Nachweisgrenze, weshalb die Werte ebenfalls nur mit Vorbehalt betrachtet werden müssen. Für die alterierten (dazitischen) Tuffe ergibt sich rechnerisch ein Medianwert von 1 ppm (Spannweite: 1 - 36 ppm, Tab. VII, Anhang).

Demgegenüber weist der hangende, taube Dazit nur einen Median von o,1 ppm auf (Tab. VII, Anhang). Die Cd-Gehalte sind erfahrungsgemäß mit der Verbreitung der Zinkblende zu korrelieren.

Silber (Ag) konnte in allen 72 Tuffproben mit AAS dicht über der Nachweisgrenze erfaßt werden, die Analysenergebnisse sind deshalb ebenfalls mit Vorbehalt zu betrachten. Bemerkenswert sind die ungewöhnlich hohen Gehalte in den alterierten Tuffen (Median: 2 ppm, Spannweite:1 - 32 ppm) und in den hangenden Daziten, in denen ebenfalls alle 29 Proben Ag-Gehalte belegen (Median: 3 ppm, Spannweite: o,1 - 24 ppm).

Nach VINCENT (1969) führen "Andesite etc" Ag in einer Spannweite von 3o bis 19o ppb, also zwei zehner Potenzen weniger als die dazitischen Tuffe und Laven von Murgul. Vergleichwerte für die Dazite konnten in der Literatur nicht gefunden werden. Immerhin geben ÇAGATAY & BÖYLE (198o) von Madenköy für die Lagerstätten-Dazite Ag-Gehalte von o,2 bis 1,2 ppm und für die Tuffe o,7 bis 2,7 ppm an. Sofern die beiden Lager-

stätten stratigraphisch und genetisch verglichen werden können, scheint sich in den ungewöhnlich hohen Ag-Gehalten eine besondere geochemische Tendenz für das ostpontische Metallotekt anzudeuten.

Gold (Au) konnte nur an 11 Tuff- und Dazitproben mit der INAA über der Nachweisgrenze von 2 ppb erfaßt werden. Von den alterierten (dazitischen) Tuffen ergibt sich rechnerisch ein Median von 5o ppb (Spannweite: 6 - 8o ppb), von den hangenden Daziten ein Median von 2 ppb (Spannweite: 2 - 9 ppb).

Für die Gruppe der Rhyolite und Dazite aus den USA nennt CROCKET (1974) Durchschnittsgehalte von o,6 bis 1,79 ppb. Die methodisch sicheren Analysenwerte von Murgul liegen demnach um ein bis zwei Zehnerpotenzen höher, nämlich zwischen 2 und 5o ppb (Tab. VII, Anhang). Diese Tatsache kann für die genetische Interpretation der Lagerstätte Murgul eine besondere Bedeutung erlangen (s.S. 126).

5.5.1.2 Spurenmetalle in der weiteren Umgebung (vgl. Tab. I - III; VI u. VII, Anhang)

Zu Vergleichszwecken und zur Ermittlung eines möglicherweise vorhandenen primären Kontaminationshofes in der weiteren Umgebung der Lagerstätte wurden Proben von den Gesteinen der älteren (UBS) und jüngeren (OBS) Vulkanite ebenfalls analysiert (Abb. 5).

Da es sich immer nur um relativ wenige Proben handelt (n = 3 bis 21), wurde in der Tab. 5 nur das arithmetische Mittel angegeben. Dadurch ist auch ein Vergleich mit den Literaturdaten möglich. Bei Betrachtung der Tab. 5 fällt generell die ungewöhnlich gute Übereinstimmung zwischen den geochemischen Werten von den Vulkaniten in der weiteren Umgebung von Murgul und den Literaturangaben auf. Für die Elemente Cr und Co wurde schon auf eine mögliche Kontamination während der Probenpräparation (Mahlung) hingewiesen, wodurch die von den Literaturangaben abweichenden Daten zu erklären sind. Trotzdem fallen die vier Spilitproben der UBS mit ihren Ti/Cr- und Ni-Werten auffallend gut in das Feld der "Inselbogen-Tholeyite" (s.S. 124, Abb. 34).

Tab. 5 a: Vulkanite in der weiteren Umgebung der Lagerstätte Murgul

	Spilit-spilitischer Tuff Murgul (UBS)	Vergleichs-gestein: "Basalt"	LITERATUR	Quarzkera-tophyr Quarzkera-tophyrtuff Murgul (UBS)	Vergleichs-gestein: Quarzkera-tophyr Rio Tinto-Synkl.	LITERATUR	Andesit Murgul (OBS)	Vergleichs-gestein: "Andesit"	LITERATUR
	Mittelwert (ppm)	Mittelwert (ppm)		Mittelwert (ppm)	Mittelwert (ppm)		Mittel-wert (ppm)	Mittelwert (ppm)	
Sc	24	3o	1	19	7	SCHÜTZ (1985)	31	34	1
Ti	2137	28oo	2	2721	14oo		395o	4ooo	3
Cr	21	5o	3	-	-		53	25	3
Mn	1o6o	1415	2	695	225		1o5o	9oo	3
Fe%	5,9	4,1	2	3,5	1,85		5,4	3,8	3
Ni	26	3o	3	1o	2		28	2o	3
Cu	1o8	77	2	47	8		52	35	1
Zn	1124	1oo	2	65	54		91	87	1
As	9	3	2	7	7		-	-	
Ag	6	o,3	2	1,7	-		7	o,o8	1
Cd	o,4	2	2	o,3	-		o,6	2	1
Pb	5	6	1	12	9		9	8	1

Tab. 5 b: Vergleichswerte aus Nebengesteinen der Lagerstätte

	Alterierter (dazitischer) Tuff	Hangender, tauber Dazit	Vergleichs-gestein: "Dazit"	LITERATUR
	Mittelwert (ppm)	Mittelwert (ppm)	Mittelwert (ppm)	
Sc	14	16	21	1
Ti	139o	21o5	2ooo	1
Cr	13	5	4	3
Mn	363	517	93o	1
Fe%	3,3	3,o	1,2	1
Ni	-	-	-	
Cu	869	21	25	1
Zn	26o	91	72	1
As	9	o,6	2,8	1
Ag	4	7	1	1
Cd	1,7	o,4	-	
Pb	24	1o	1o	1

Tab. 5 a, 5 b: Die Mittelwerte der Spurenmetalle in den Vulkaniten und Vergleiche mit den Durchschnittsgesteinen
1: WEDEPOHL 1978; 2: ÇAGATAY & BOYLE 198o; 3: JAKES & WHITE 1972.

Bemerkenswert ist das Ag, welches sowohl im Spilit (UBS) als auch im Andesit (OBS) die bereits S.84 die geschilderte ungewöhnliche Erhöhung um 1 bis 2 Zehnerpotenzen gegenüber den publizierten Durchschnittswerten zeigt.

Alle anderen Elemente lassen eine annähernd gute Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Vulkaniten im Raum von Murgul mit den Literaturdaten erkennen. Lediglich beim Cu und Ni liegen die Murgul-Werte deutlich höher als bei Vergleichsgesteinen, bewegen sich aber immer innerhalb einer Zehnerpotenz.

Ein Vergleich mit den entsprechenden (arithmetischen) Mittelwerten aus den unmittelbaren Nebengesteinen der Lagerstätte (Tab. 5 b) zeigt nochmals die bereits S.76 besprochene Spurenmetallab- bzw. -anreicherung in den alterierten Tuffen, wogegen die Werte für den hangenden Dazit größenordnungsmäßig mit den Literaturangaben übereinstimmen. Ausnahmen bilden hier nur As und Ag (s.o.).

5.5.2 Alkali- und Erdalkali Elemente im engeren Lagerstättenbereich

Die Medianwerte sind mit ihren Spannweiten im hangenden, tauben Dazit und alterierten (dazitischen) Tuff - verglichen mit den Mittelwerten eines Durchschnitts-Dazites nach WEDEPOHL (1978) - in Abb. 2o dargestellt. Sie werden wiederum in der Reihenfolge ihrer Ordnungszahlen aufgeführt.

Natrium (Na) erreicht in den alterierten Tuffen einen Medianwert von 1,56 % (Tab. VII, Anhang), der im Vergleich zum hangenden, tauben Dazit erheblich herabgesetzt ist. Dies muß auf die Umwandlung der Plagioklase während der Alteration zurückgeführt werden.

Der hangende, taube Dazit dagegen weist einen Medianwert von 2,6 % (Tab. VII, Anhang) auf, der mit dem Mittelwert eines Durchschnitts-Dazites von 2,95 % (HEIER & BILLINGS 1972) ungefähr übereinstimmt. Damit wird die petrographische Beobachtung (s.S. 32) bestätigt, wonach der hangende Dazit nur eine schwache Alteration erfahren hat.

Aufgrund der wenigen As- und Na-Analysen läßt sich keine sichere Aussage machen, jedoch liegt der Schluß nahe, daß Na mit As und F in den alterierten Tuffen negativ korreliert zu sein scheint (MÜLLER et al. 1983).

Kalium (K) ist in den alterierten Tuffen mit einem Medianwert von 2,o2 % (Tab. VII, Anhang) vertreten, welcher sich im Vergleich zum hangenden Dazit durch eine starke Abnahme auszeichnet und auf die Umwandlung von K-Feldspat zurückgeführt werden muß.

Dagegen erreicht K in dem hangenden Dazit einen Medianwert von 4,4 % (Tab. VII, Anhang), der im Vergleich zum Durchschnitts-Dazit mit einem Mittelwert von 2,22 % (HEIER & BILLINGS 1972) ungewöhnlich hohe K-Gehalte aufweist. Dies könnte als charakteristisch für den Dazit von Murgul angesehen werden.

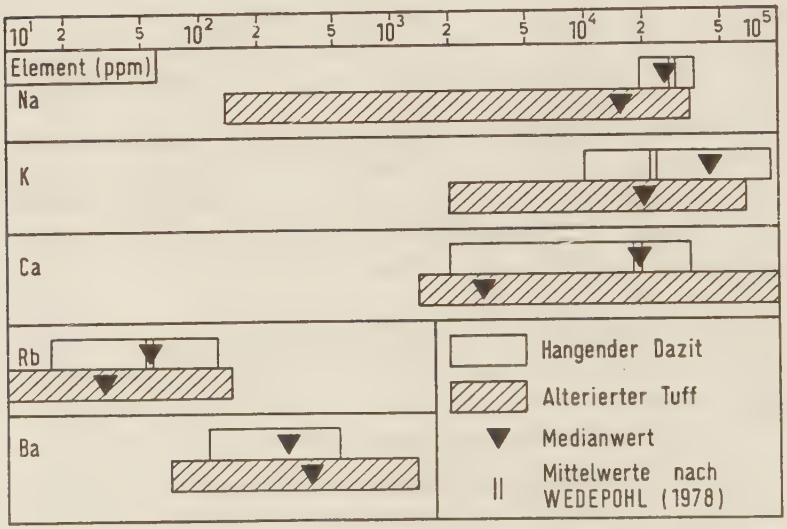


Abb. 2o: Spannweiten und Medianwerte der Alkali-Erdalkali Elemente in den alterierten Tuffen und hangenden, tauben Daziten

Kalzium (Ca) erreicht in den alterierten Tuffen einen Medianwert von o,3 % (Tab. VII, Anhang), der im Vergleich zum hangenden Dazit erheblich herabgesetzt ist. Dieses muß auf die starke Alteration und und den Abbau der Plagioklase zurückgeführt werden.

Demgegenüber weist der hangende Dazit einen Medianwert von 1,9 % (Tab. VII, Anhang) auf, der im Vergleich zu einem Durchschnitts-Dazit mit einem Mittelwert von ca. 4,o % (USDOWSKI 197o) auch eine erhebliche Abnahme zeigt. Als Erklärung hierfür gilt das oben für K Gesagte.

Rubidium(Rb) ist in den alterierten Tuffen mit einem Medianwert von 32 ppm (Tab. VII, Anhang) vertreten, der verglichen mit dem hangenden Dazit wiederum herabgesetzt ist und ebenfalls durch den Feldspatabbau erklärt wird.

Im Gegensatz dazu stimmt der Medianwert des hangenden Dazites von 55 ppm (Tab. VII, Anhang) mit dem Mittelwert des Durchschnitts-Dazites von 55 ppm (HEIER & BILLINGS 1972) auffalland gut überein.

Cäsium (Cs) erreicht in den alterierten Tuffen einen Medianwert von o,4 ppm (Tab. VII, Anhang), der im Vergleich zum hangenden Dazit ebenfalls wieder die für alle Alkalien bemerkte Absenkung zeigt.

Der hangende Dazit dagegen weist einen Medianwert von 1,4 ppm (Tab. VII, Anhang) auf, der mit dem Mittelwert eines Durchschnitts-Dazites von 1,1 ppm (EWART et al. 1968: in HEIER & BILLINGS 1972) in gutem Einklang steht.

Barium (Ba) ist in den alterierten Tuffen mit einem Medianwert von 375 ppm (Tab. VII, Anhang) vertreten, der im Vergleich zum hangenden Dazit etwas erhöht erscheint. Dies kann u.a. auf die Wirkung der aszendenten hydrothermalen Lösungen auf das Nebengestein zurückgeführt werden. Außerdem sei hier darauf hingewiesen, daß die Sulfiderze bis ca. 1o % Ba-Gehalte enthalten können (Tab. XIII-XV, Anhang).

Demgegenüber erreicht Ba in den hangenden Daziten einen Medianwert von 284 ppm (Tab. VII, Anhang), der nach PUCHELT (1972) mit den Ba-Mittelwerten der Dazite von 15o bis 125o ppm übereinstimmt.

5.5.3 Seltenerd-Elemente (SEE)

5.5.3.1 Seltenerd-Elemente im engeren Lagerstättenbereich

Zur Kontrolle der S.21 und S.64 diskutierten petrographischen und lithogeochemischen Ergebnisse und zur eingehenderen Erfassung der mit der Vererzung verbundenen Alteration wurden inner- und außerhalb der Kernzone eines jeden Erzkörpers 26 Tuff- und 16 Dazitproben sowie eine Tuffprobe von Akarsen auf SEE (La, Ce, Sm, Eu, Tb, Yb und Lu) analysiert. Die Ergebnisse sind in den Tab. 6 bis 8 zahlenmäßig aufgelistet. Zur besseren Übersicht wurden die SEE-Werte aus der Urliste (Tab. I-III, Anhang)hier gruppenweise zusammengestellt. Da die Auswertung einen signifikanten Trend der generellen Verarmung an SEE vom hangenden, tauben Dazit zum liegenden, alterierten Tuff ergab, beginnt die nachfolgende Darstellung mit dem hangenden Dazit.

In der Literatur existieren nur wenige zuverlässige Angaben über SEE-Gehalte in Daziten. Deshalb muß sich die folgende Auswertung auf einen Vergleich zwischen den hangenden, tauben Daziten und den unterlagernden, alterierten Tuffen beschränken. Die Dazit-Werte können als repräsentativ für ein "normales" unverändertes Ausgangsgestein genommen werden, da sie gut mit einer analogen Probe aus Japan übereinstimmen (s.u.).

Erfahrungsgemäß beziehen sich die SEE-Werte hier überwiegend auf ihre Verteilung in den unveränderten Plagioklasen des Gesteines, da das Auftreten anderer SEE-führender Minerale, wie bei HASKIN & PASTEP (1979: in GSCHEIDNEP & EYRING 1979) angegeben, nach den in Murgul durchgeführten petrographischen Untersuchungen zu vernachlässigen ist (s.S. 95).

Die Abb. 21 zeigt die SEE-Verteilung in den hangenden, tauben Daziten, die den quartären Daziten von Hokkaido/Japan (MASUDA et al. 1975) und den alterierten Tuffen aus der Kernzone des Erzkörpers gegenübergestellt ist. Danach zeigt sich (1.) die gute Übereinstimmung der japanischen Werte mit den Daziten von Murgul und (2.) die deutliche Abnahme der SEE-Gehalte in den alterierten Tuffen vom Erzkörper Çakmakkaya.

Probe	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
B2 (D)	13,4o	2o,2o	3,14	o,85	o,52	4,17	o,56
B5 (D)	15,4o	24,8o	3,79	o,97	o,68	4,o9	o,63
B6 (D)	9,13	15,5o	3,2o	o,9o	o,57	4,86	o,62
D8 (D)	17,1o		4,74	1,11	o,92	4,68	1,24
D9 (D)	18,2o	44,5o	4,63	1,oo	o,92	4,66	1,o7
E2o (D)	16,6o	32,oo	4,7o	1,13	o,8o	2,9o	o,49
E21 (D)	15,6o	29,5o	4,4o	1,oo	o,7o	3,oo	o,52
E22 (D)	15,3o	32,5o	4,74	1,1o	o,9o	2,8o	o,5o
E23 (D)	16,3o	31,5o	4,32	1,oo	o,77	2,6o	o,46
E24 (D)	13,5o	27,2o	4,75	1,1o	1,1o	3,7o	o,63
E25 (D)	19,oo	32,5o	2,11	o,46	o,37	2,5o	o,48
E27 (D)	18,3o	36,7o	5,4o	1,13	1,oo	3,4o	o,55
E28 (D)	7,3o	12,6o	1,75	o,66	o,7o	o,72	o,19
E29 (D)	14,3o	28,oo	4,44	1,12	o,8o	2,7o	o,45
E3o (D)	13,oo	29,2o	3,62	o,87	o,62	2,4o	o,58
P4 (D)	1o,7o		3,28	o,88	o,67	3,36	o,95
H8 (H)	9,5o	27,5o	4,4o	1,35	o,87	3,oo	o,52

Tab. 6: SEE-Gehalte(ppm)in den hangenden, tauben Daziten (D) und im Hokkaido-Dazit (H), vgl. Abb. 21

Probe	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
D13	17,4o	33,8o	5,56	1,32	1,61	8,11	1,93
P7	9,32	26,9o	2,94	o,7o		3,33	o,99
P8	9,17	13,9o	3,3o	o,89		2,98	o,94
P9	1o,3o	17,3o	2,7o	o,69	o,56	2,45	o,76
P1o	9,13	22,4o	5,92	1,o8	o,82	5,16	1,21
P11	1o,8o	2o,8o	3,44	o,95	o,68	2,91	o,89
P13	1o,8o	22,3o	3,33	o,86	o,88	3,83	o,79
P15	12,3o	24,oo	3,8o	o,98	o,62	2,89	o,85
P16	14,9o	27,7o	3,81	o,88	o,62	3,5o	o,66
P17	6,4o	12,5o	1,27			1,53	o,65
P18	6,o5	12,oo	1,35			2,11	o,54
P21	13,oo	26,5o	3,2o	o,4o	o,52	3,56	o,87

Tab. 7: SEE-Gehalte (ppm) in den wenig alterierten Tuffen aus der Umgebung der Lagerstätte

Probe	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
B1 (A)	5,68	1o,5o	1,12	o,23		1,95	o,24
C5 (A)	18,3o	24,7o	1,82	o,45	o,63	3,51	o,48
D1 (A)	4,83	8,98	1,o5	o,32		1,68	o,19
D4 (A)	1o,1o	21,9o	1,92	o,49	o,32	3,o4	o,41
D5 (A)	1o,2o	17,1o	2,19	o,52	o,42	3,37	o,45
E1 (C1)	5,15	8,oo	o,9o	o,19	o,11	o,63	o,13
E2 (C1)	13,oo	2o,9o	2,1o	o,38	o,2o	1,1o	o,2o
E3 (C1)	11,6o	19,3o	1,7o	o,38	o,22	1,5o	o,28
E4 (C1)	6,5o	1o,6o	o,9o	o,19	o,12	o,83	o,17
E5 (C1)	5,2o	8,7o	o,87	o,2o	o,1o	o,67	o,13
E6 (C1)	14,2o	25,2o	2,65	o,52	o,49	2,1o	o,4o
E7 (C2)	2,4o	3,7o	o,34	o,11	o,2o	o,2o	o,o3
E16(C1)	12,oo	19,5o	1,65	o,52	o,5o	2,5o	o,49
E18(C2)	o,65	o,82	o,1o	o,o3	o,1o	o,13	o,o1
P49(Ak)	14,8o	41,5o	3,3o	o,82	o,7o	3,41	o,62

Tab. 8: SEE-Gehalte (ppm) in den alterierten, vererzten Tuffen aus der Kernzone der Erzkörper Anayatak (A), Çakmakkaya (C) und Akarşen (Ak)

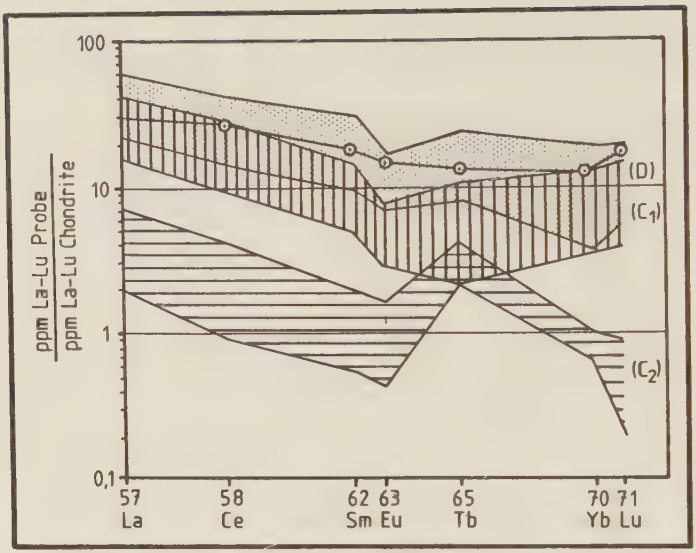


Abb. 21: SEE-Verteilung im hangenden Dazit (D) und in den alterierten Tuffen aus der Kernzone des Erzkörpers Çakmakkaya (C_1 u. C_2).

Zum Vergleich ist ein Dazit (⊙) nach MASUDA et al. (1975) eingetragen.

Dieser Umstand wäre an sich nicht besonders bemerkenswert, denn durch den bereits petrographisch festgestellten Abbau der Feldspäte sowie anderer Primärminerale und den generellen Ersatz durch Quarz ist eine solche Verarmung an SEE zu erwarten, wie S.116 diskutiert wird.

Aufgrund der Darstellung in Abb. 21 läßt sich erkennen, daß die SEE-Gehalte in den hangenden Daziten keine wesentlichen An- und Abreicherungen aufweisen und von der Zusammensetzung des Gesteins kontrolliert werden. So steht der Mittelwert des hangenden, tauben Dazites von Murgul mit 52 ppm (Tab. 6) mit dem Mittelwert von Hokkaido/Japan mit 57 ppm in gutem Einklang.

Von den "normalen" SEE-Gehalten der hangenden, tauben Dazite ausgehend, bietet sich zunächst ein Vergleich mit den alterierten Tuffen außerhalb der Kernzone der Erzkörper an. Zwar konnten keine petrographischen Indizien gefunden werden, die eine solche räumliche Differenzierung ermöglicht hätten. Erst das Verteilungsmuster der SEE in dieser Gruppe belegt einen deutlichen geochemischen Unterschied zwischen den petrographisch analogen Tuffen außerhalb und innerhalb der Kernzonen, speziell im Raum von Çakmakkaya.

Die in Abb. 22 zusammengefaßten Proben von Tuffen außerhalb der Kernzonen (n=12) zeigen ein Verteilungsmuster, was in groben Zügen noch mit dem hangenden Dazit übereinstimmt. Vom La bis zum Tb ergibt sich eine gute Übereinstimmung, wogegen Yb und Lu gegenüber den hangenden Daziten merklich angereichert sind. Hierbei spielt offensichtlich die unterschiedliche Mobilität der SEE eine Rolle. Das Eu wird schon bei einem schwachen Abbau der Feldspäte bevorzugt mobilisiert (GRAF 1977), wogegen die schweren SEE infolge ihrer größeren Neigung zur Komplexbildung relativ angereichert erscheinen. Offensichtlich prägt sich hierin die Intensität der Alteration deutlicher aus als in Dünnschliff-Beobachtungen bemerkt werden kann. Ganz analog verhält sich auch die Probengruppe C_1 aus der Kernzone des Erzkörpers Çakmakkaya.

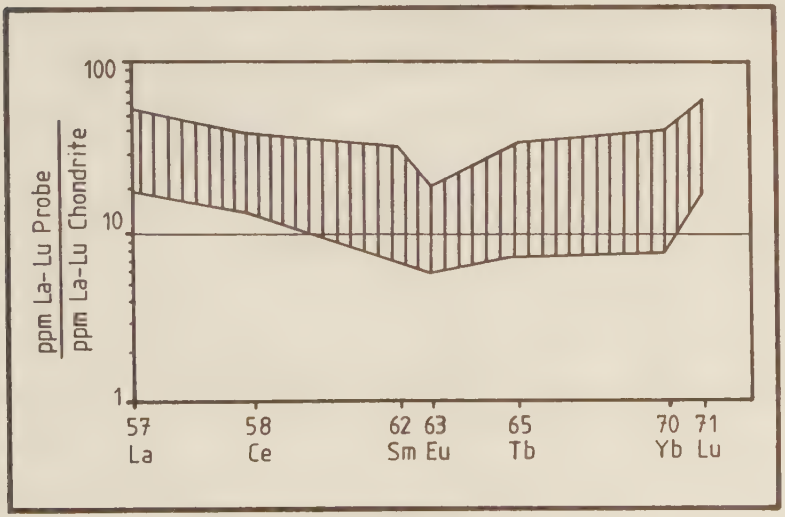


Abb. 22: SEE-Verteilung in den alterierten Tuffen außerhalb der Kernzone der Erzkörper

Ein merkwürdiger Befund ergibt sich, wenn man die alterierten Tuffe aus den Kernzonen der beiden Erzkörper miteinander vergleicht (Abb. 23):

Die Verteilungsmuster stimmen, abgesehen von einer etwas größeren Schwankungsbreite (C_1), ungefähr überein. In Çakmakkaya fallen jedoch 2 Proben signifikant aus diesem Rahmen, bei denen die SEE teilweise um eine Zehnerpotenz mehr verarmt sind. Beide Proben stammen aus der östlichen Abbaufront (im Jahre 1979), welche zu dieser Zeit die obersten 3 m des Tuffes in extrem kaolinisiertem bzw. argillitisiertem Zustand unmittelbar unter dem hangenden, tauben Dazit aufgeschlossen hatte. Die silifizierten Partien des Tuffes bildeten das Liegende und zu dieser Zeit die Sohle der Abbauterrasse (Abb. 12).

Eine solche extrem argillitisierte Lage zwischen der silifizierten, vererzten Kernzone und dem hangenden, tauben Dazit war während der Beprobung 1979 im Tagebau Anayatak nicht aufgeschlossen. Das signifikante, extreme Zersetzungsstadium an der Oberfläche der Erzkörper konnte also nur in Çakmakkaya erfaßt werden.

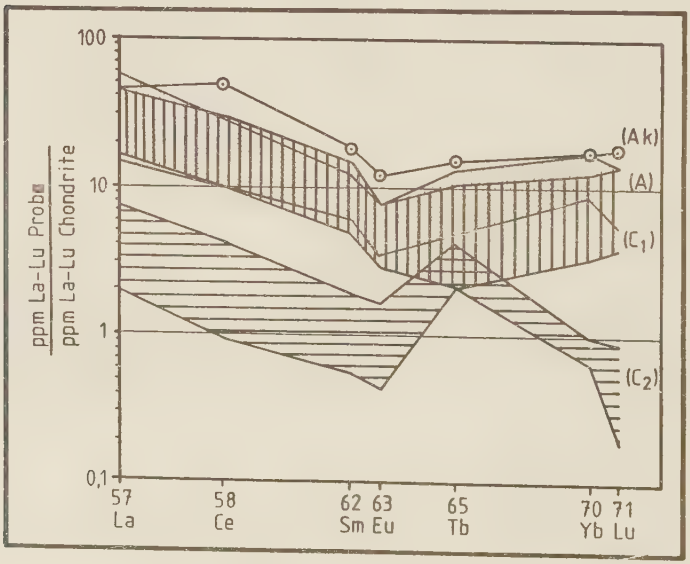


Abb. 23: SEE-Verteilung in den alterierten Tuffen aus der Kernzone der Erzkörper Anayatak (A), Çakmakkaya (C_1, C_2) und Akarsen (Ak)

Aus diesem Grunde tritt die ungewöhnliche SEE-Verarmung der Probengruppe C_2 nur in Çakmakkaya auf. Sie ist durch Dünnschliff-Beobachtungen auch petrographisch belegbar.

Die Vergleichsprobe von Akarşen (Abb. 23 u. Tab. 8) fällt mit ihrem Verteilungsmuster eigenartigerweise in den Streubereich des hangenden, tauben Dazites und liegt dabei merklich oberhalb des Streubereiches der vererzten Kernzonen in Murgul. Petrographisch entspricht diese Probe jedoch den alterierten Tuffen in den Tagebauen von Murgul.

Der pauschale, mittlere SEE-Gehalt beträgt in den alterierten Tuffen beider Kernzonen etwa 32 ppm. Demgegenüber weisen die beiden extrem argillitisierten Proben von Çakmakkaya (C_2) nur einen Mittelwert von etwa 4,4 ppm auf. Daraus können sich möglicherweise wichtige genetische Folgerungen ergeben, die S.116 weiter diskutiert werden.

Zum Schluß sei darauf hingewiesen, daß in Murgul in allen mehr oder weniger alterierten Nebengesteinen eine deutliche negative Eu-Anomalie auftritt. Diese kann nach GRAF (1977) und HUMPRIES (1984) allein durch den Abbau der Feldspäte erklärt werden, da die Plagioklase primär von allen SEE das Eu mit den höchsten Werten enthalten (HENDERSON 1984: 25, Fig. 1.13). Nach CAMPBELL (1984) ist das Eu geochemisch beweglicher als alle anderen SEE, weshalb das Defizit an Eu im Zusammenhang mit Alterationsprozessen offensichtlich direkt als Indikator für ihre Intensität angesehen werden kann.

5.5.3.2 Seltenerd-Elemente in der weiteren Umgebung

Zu Vergleichszwecken wurden aus den Vulkaniten der weiteren Umgebung einige ausgewählte Proben auf SEE analysiert (Abb. 5). Es handelt sich um 3 Spilit-, 9 Quarzkeratophyr- und 11 Andesitproben, die zur besseren Übersicht aus der Urliste (Tab. I-III, Anhang) gruppenweise zusammengestellt und hier in den Tab. 9 bis 11 aufgelistet sind. Die SEE-Verteilung in diesen Gesteinstypen wird nachfolgend kurz erläutert.

Probe	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
P56 (S)	13,2o	24,4o	3,96	o,48	o,79	6,64	1,37
P58 (S)	11,7o	21,oo	3,38	1,13	o,8o	4,13	o,76
P59 (S)		14,3o	1,92	o,72		2,47	o,57
Basalt(B)	8,8o	27,oo	5,3o	1,1o	o,9o	1,8o	o,5o

Tab.9: SEE-Gehalte (ppm) in Spilit- spilitischen Tuffen (S) und im tholeyitischen Basalt (B) als Vergleichsgestein von HERMANN (197o)

Probe	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
P24 (Q)	18,3o	29,oo	3,85	o,47	o,78	3,83	1,o6
P26 (Q)	12,9o	21,9o	2,71			2,96	o,89
P27 (Q)	11,2o	2o,1o	2,o7	o,34	o,37	2,o5	o,62
P28 (Q)	9,22	14,7o	2,2o	o,48		1,48	o,61
P29 (Q)	2,55		o,85			1,86	o,68
P31 (Q)	4,47	9,o8	1,57	o,48	o,58	3,35	o,6o
P55 (Q)	15,7o	26,7o	3,48	o,75	o,6o	5,o5	o,96
P57 (Q)	13,6o	2o,4o	3,53	1,o2			o,66
P6o (Q)	15,8o	27,1o	2,67	o,46	o,36	4,o2	o,85

Tab. 1o: SEE-Gehalte (ppm) in den Quarzkeratophyren bzw. Quarzkeratophyrtuffen

Probe	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu
D6 (A1)	6,93	11,4o	2,98	o,87	o,65	2,98	o,39
D7 (A1)	1o,oo	18,2o	3,16	1,17	o,5o	2,72	o,39
D1o (A1)	1o,oo		2,99	o,85	o,61	3,34	o,67
D11 (A1)	1o,8o		3,42	1,o5	o,65	3,oo	o,7o
P1 (A1)	11,1o		3,51	1,o2	o,5o	3,61	1,o9
P2 (A1)	9,o5		2,77	o,71	o,72	2,64	o,7o
P3 (A1)	14,8o		4,38	o,99	o,7o	4,37	1,25
P34 (A1)	7,82	12,8o	2,74	o,77		2,47	o,72
P35 (A1)	11,4o	22,3o	3,47	o,97	o,56	3,65	o,75
P36 (A1)	1o,2o	14,5o	3,37	1,o4	o,75	4,36	o,69
P37 (A1)	9,19	16,6o	3,33	o,93	o,68	2,16	
K15 (A2)	18,3o	41,7o	6,5o	1,55	1,1o	3,1o	o,46
K16 (A2)	15,5o	37,5	4,1o	1,25	o,75	3,1o	o,44
K18 (A2)	13,1o	33,7o	4,oo	1,12	o,8o	2,1o	o,32
K19 (A2)	1o,1o	26,9o	3,6o	1,14	o,62	2,oo	o,35

Tab. 11: SEE-Gehalte (ppm) in Andesiten (A1) und Vergleichsandesiten (A2) aus Japan von MASUDA et al. (1975)

Die Abb. 24 zeigt die SEE-Verteilung in Spiliten und spilitischen Tuffen im Vergleich zu einem tholeyitischen Basalt aus Hessen (HERMANN 197o), da die entsprechenden Analysendaten von petrographisch eindeutig definierten Spiliten nicht erreichbar waren.

Der mittlere Gesamtgehalt an SEE beträgt bei 3 Proben etwa 47 ppm (Tab. 9), wobei die dritte Probe (P 59) infolge einer extremen Verarmung an La und Tb nicht mit berücksichtigt wurde. Die Spilitprobe P 59 erfuhr offensichtlich eine generell stärkere Alteration, was sich auch in den niedrigen Ce-, Sm-, Yb- und Lu-Werten ausprägt. Die Auswahl der Probe P 59 beruhte auf der bereits lithologisch erkennbaren starken Zersetzung.

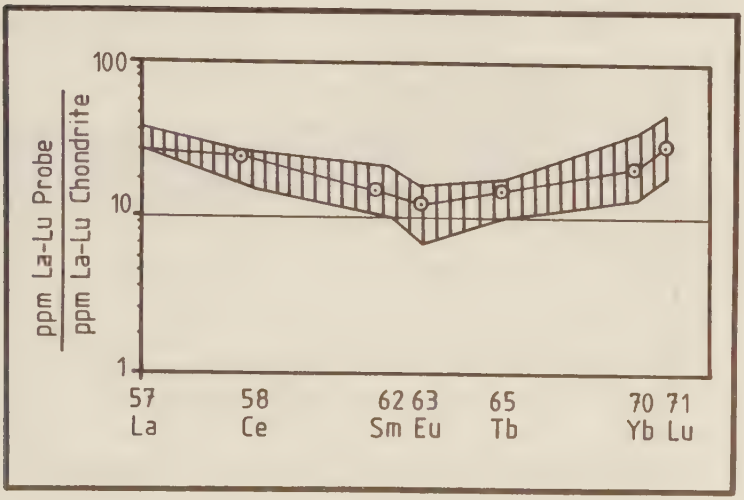


Abb. 24: SEE-Verteilung in den Spiliten und spilitischen Tuffen. Zum Vergleich ist ein tholeyitischer Basalt (⊙) eingetragen.

Die 2 Proben (P 56 u. P 58) weisen im Vergleich zum tholeyitischen Basalt weder ein unterschiedliches Verteilungsmuster noch einen stark abweichenden Gesamtgehalt an SEE auf. Dies ist im Hinblick auf den petrographisch belegbaren Spilitisierungsprozeß sehr eigenartig, kann aber hier nicht näher weiter erörtert werden.

Da in der Literatur keine Angaben über SEE-Gehalte in den Quarzkeratophyren und ihren Tuffen gefunden werden konnten, muß sich deshalb die Auswertung der 9 Proben auf das SEE-Verteilungsmuster beschränken (Abb. 25). Seine Konfiguration weist hier von La bis einschließlich Eu eine Abnahme der leichten SEE auf, welche möglicherweise auf den petrographisch belegbaren, lokalen Abbau der Feldspäte bzw. schwachen Alterationsprozeß zurückgeführt werden kann. Demgegenüber zeigen Tb, Yb und besonders Lu eine relative Anreicherung.

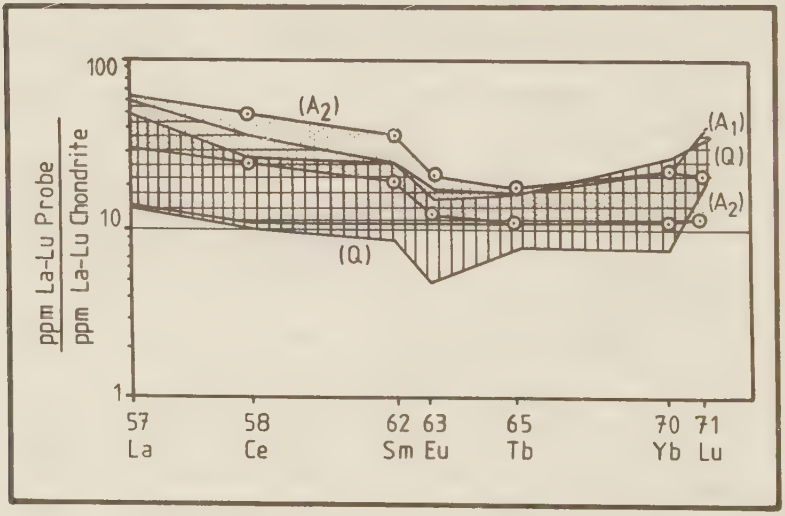


Abb. 25: SEE-Verteilung in den Quarzkeratophyren, ihren Tuffen (Q) und Andesiten der OBS (A_1, horizontal schraffiert).

Zum Vergleich sind vier quartäre Andesite (A_2) aus Japan eingetragen (punktiert).

Die SEE-Verteilung in den Andesiten (OBS) von Murgul sind in Abb. 25 vier quartären Andesiten von Hokkaido/Japan (MASUDA et al. 1975) gegenübergestellt. Danach zeigt sich eine relativ gute Übereinstimmung mit den japanischen Daten. Für die Andesite der OBS erscheinen lediglich die geringeren La-, Ce-, Sm- und Eu-Werte sowie eine merkliche Erhöhung von Lu bemerkenswert. Vielleicht prägt sich in dieser geringeren Abweichung eine regionale Besonderheit aus.

Die SEE-Analysen von den Vulkaniten aus der weiteren Umgebung der Lagerstätte lassen mit ihren relativ regelmäßigen, flach konfigurierten Verteilungsmustern erkennen, daß diese Gesteinstypen im großen Ganzen mit petrographisch analogen Gesteinen übereinstimmen. Von einer üblichen, schwachen Alteration abgesehen, sind keine geochemischen Einflüsse durch die Lagerstätten-bildenden Prozesse zu erkennen.

5.5.4 Fluor (F)

Die Verwendung des Fluors als gesteinsgeochemischer Proximity-Indikator für schichtgebundene Buntmetall-Lagerstätten hat sich in den letzten Jahren wiederholt als sehr brauchbar erwiesen (SCHNEIDER et al. 1977, CAGATAY & BOYLE 1980, MÜLLER et al. 1983 und LAVERY 1985). Da insbesondere von der Lagerstätte Madenköy durch ÇAGATAY & BOYLE (1980) F-Analysen vorliegen, wurden entsprechende Untersuchungen auch in Murgul durchgeführt. Deshalb sind alle Proben aus dem Arbeitsgebiet auf F analysiert worden (Tab. I-III, Anhang). Hierdurch ergab sich für die verschiedenen Gesteinstypen im weiteren Umkreis der Lagerstätte generell eine gute Übereinstimmung mit den aus der Literatur bekannten Werten. Nur die im unmittelbaren Nebengestein der Vererzung ermittelten Werte zeigen einen bemerkenswerten Kontrast.

Da sich bereits bei den vorher besprochenen Spurenlementen ein teilweise deutlicher geochemischer Unterschied zwischen den alterierten Lagerstätten-Tuffen und dem hangenden, tauben Dazit ergeben hatte (Abb. 16), wurden zur Verdeutlichung dieser Differenz die F-Gehalte

in Abb. 27 nach (theoretisch) gemeinsamen Wertegruppen eingetragen.

Fluor erreicht in den alterierten Tuffen einen nach SPIEGEL (1972) graphisch (478 ppm) und rechnerisch (447 ppm) ermittelten Medianwert (Spannweite: 3o-251o ppm, Tab. VII, Anhang), der im Vergleich zum hangenden, tauben Dazit (s.u.) eine deutliche Anreicherung aufweist. Demnach stimmt der Medianwert in den alterierten Tuffen von Murgul mit dem F-Mittelwert der Tuffe aus Madenköy mit 45o ppm (ÇAGATAY & BOYLE 198o) auffallend gut überein.

Dagegen geben ÇAGATAY & BOYLE (198o) für die Dazite von Madenköy einen mittleren F-Gehalt von 466 ppm an, der nahezu um den Faktor 2 über dem Durchschnittswert von Murgul liegt. Allerdings erwähnen die Autoren auch ein Maximum von 1336 ppm. Inwieweit die für Murgul ermittelten Werte unmittelbar mit Madenköy verglichen werden können, muß deshalb offengelassen werden.

Der hangende, taube Dazit von Murgul weist nämlich einen Medianwert von 252 ppm (Spannweite: 124-783 ppm, Tab. VII, Anhang) auf, der nach LAVERY (1985) dem für Dazit zu erwartenden Mittelwert von 285 ppm entspricht. Außerdem stimmt dieser Medianwert nach KORITNIG (1974) auch mit dem Mittelwert eines Durchschnitts-Dazites von 26o ppm gut überein.

Für die F-Verteilung in den alterierten Tuffen und hangenden, tauben Daziten wurden Histogramme gezeichnet (Abb. 26 a, b). Die Verteilung in den alterierten Tuffen zeichnet sich durch eine Population mit zwei symmetrischen angeordneten kleinen Häufungen aus. Nach SPIEGEL (1972) ergibt sich bei der angewendeten Methode ein Median von 478 ppm, der eine gute Übereinstimmung mit dem rechnerisch ermittelten Wert von 447 ppm zeigt. Auf die gleiche Weise konnte auch ein "threshold" von etwa 11oo ppm ermittelt werden. Die Proben, die über dem "theshold" liegen, entstammen der Kernzone der Erzkörper, wodurch sich möglicherweise ein lokaler Proximity-Indikator für die Erzexploration ergibt. Der hangende, taube Dazit dagegen zeigt eine einzige Population im Histogramm, welches nach SCHROLL (1975) in seiner Symmetrie graphisch ergänzt wurde.

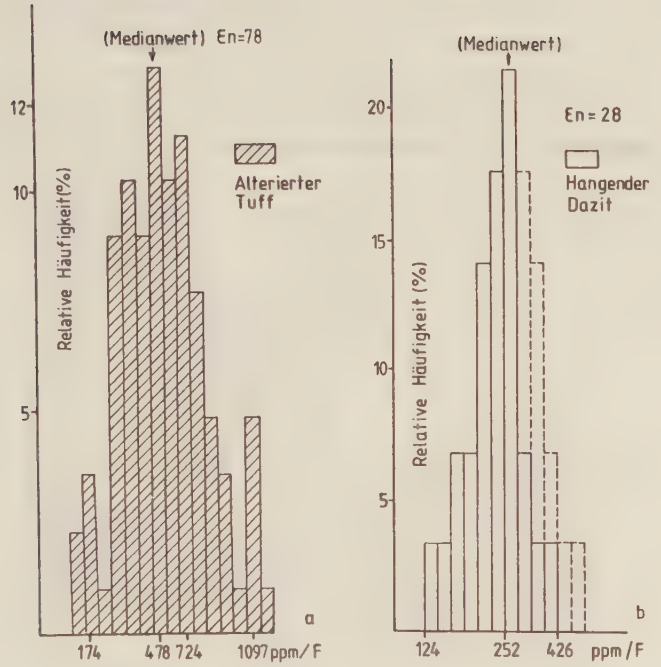


Abb. 26: Histogramme der F-Verteilungen in den alterierten Tuffen und hangenden, tauben Daziten.
Die graphische Ermittlung der Medianwerte erfolgte nach SPIEGEL (1972).

Für den engeren Lagerstättenbereich ist die Verteilung von F in Abb. 27 für die alterierten Tuffe und den hangenden, tauben Dazit dargestellt. Dabei wurden für beide Gesteinstypen drei gemeinsame Wertegruppen gebildet. Auf diese Weise ist der Kontrast zwischen dem erzhöffigen Tuffen und den tauben Daziten besser zu erkennen. Die beiden hohen Werte im hangenden Dazit östlich der Tagebaugrenzen von Çakmakkaya beziehen sich wiederum auf ein kleines bruchtektonisch eingeschlepptes Vorkommen von alterierten Tuffen, welches im Maßstab des Kartenbildes nicht gezeichnet werden konnte (s.S.66 u. Taf. 3 u.4).

Sowohl aus dieser Karte als auch aus den Profildarstellungen geht hervor, daß das Fluor in den alterierten Tuffen gegenüber dem hangenden, tauben Dazit etwa um den Faktor 2 angereichert ist. Diese F-Anreicherung könnte nach KORITNIG (1974) auf Apatit (s.S.3o) oder Tonminerale (s.S.42) zurückgeführt werden, die sich im Zusammenhang mit den verschiedenen Alterationsprozessen gebildet haben.

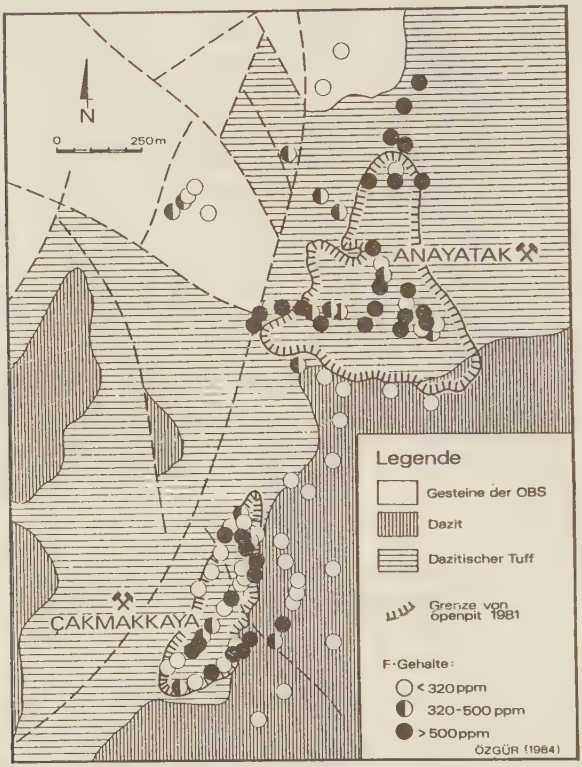


Abb. 27: Die F-Verteilung im weiteren Lagerstättenbereich von Murgul

Die erhöhten F-Gehalte sind in jedem Falle ein Beweis für die nachträgliche Zufuhr dieses Elementes in die Tuffe zu verstehen, wogegen der hangende Dazit mit seinen "normalen" Werten offensichtlich keinen analogen F-Nachschub erfahren hat. Dadurch eignet sich F, wie auch

Mn und Ti, als gesteinsgeochemischer Indikator für die mit der Alteration verbundene nachträgliche Vererzung (s.S.76).

Zu Vergleichszwecken und zur Ermittlung eines möglicherweise vorhandenen Kontaminationshofes in der weiteren Umgebung der Lagerstätte wurden Gesteinsproben von älteren (UBS) und jüngeren Vulkaniten (OBS) sowie von den marinen Sedimenten (OBS) und dem Mikrogranit (ODS) ebenfalls auf F analysiert (Abb. 5 u. 28).

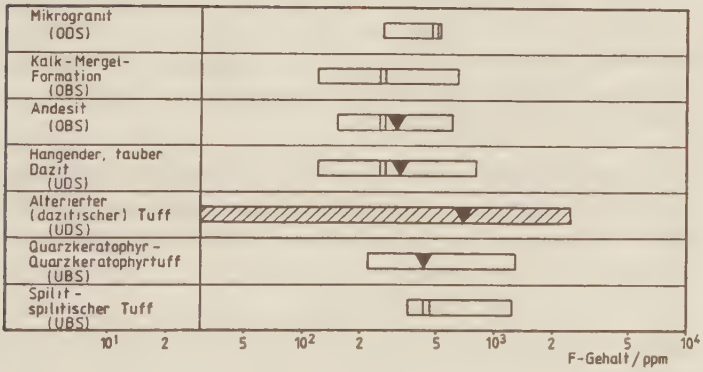


Abb. 28: Streubereiche der F -Gehalte in den untersuchten Vulkaniten, der Kalk-Mergel-Formation und dem Mikrogranit.
(▼) Medianwert, (||) Mittelwert nach WEDEPOHL (1978)

Das F erreicht in den 4 Spilit-und spilitischen Tuffproben Gehalte von 37o bis 123o ppm (Tab. VI, Anhang), die mit den F-Werten von Basalten

(5o bis 12oo ppm) nach YOSHIDA et al. (1971: in LAVERY 1985) gut übereinstimmen.

Die 21 Quarzkeratophyr bzw. Quarzkeratophyrtuffe wiesen einen F-Medianwert von 423 ppm (Tab. VI, Anhang) auf, der dem für dieses Gestein zu erwartenden Wert entsprechen könnte. Für diese Gesteinstypen waren in der Literatur keine entsprechenden Daten zu finden.

Die 14 Andesitproben sind mit einem F-Medianwert von 264 ppm vertreten (Tab. VIII, Anhang), der mit dem Mittelwert von Andesiten mit 21o ppm ungefähr übereinstimmt (FLEISCHER & ROBINSON 1963: in LAVERY 1985).

Der mit 3 Proben analysierte Mikrogranit hat eine Spannweite der F-Gehalte von 259 bis 52o ppm, was etwa diesem Gestein entspricht (KORITNIG 1974). Das gleiche gilt für die 7 Proben der Kalk-Mergel-Formation mit dem Streubereich von 116 bis 633 ppm.

5.6 Geochemie der Sulfiderze

Zur geochemischen Kennzeichnung der Lagerstätte Murgul wurden die vorherrschenden Erzminerale Pyrit und Kupferkies sowie auch zwei Zinkblendemuster analysiert (s.S.68 u. Tab.X-XVI, Anhang), wobei vor allem die verfügbaren Analysenmethoden AAS und SSMS eingesetzt wurden. Zusätzlich konnten in einigen ausgewählten Pyrit- und Kupferkiesproben mittels INAA speziell die Elemente Au, Sb, Ag, Mo, Se und As erfaßt werden, wodurch sich gleichzeitig eine Kontrolle der AAS-Daten ergab.

Da bisher aus der Ostpontischen Metallprovinz nur wenige spezielle Spurenelementanalysen von isolierten Kupferkies-, Pyrit- und Zinkblendephasen existieren, bot sich, bis auf einige Angaben von AKIN (1974) und CAGATAY & BOYLE (198o), keine Möglichkeit, die für Murgul gewonnenen mit analogen regionalen Werten zu vergleichen.

Die saubere Trennung der Minerale erwies sich auch bei dem Material von Murgul als sehr schwierig (s.S.67). Durch erzmikroskopische Unter-

suchungen wurden in vielen Fällen sehr intensive Verwachsungen festgestellt. Obwohl die gemahlenen Erzproben unter dem Binokular ausgelesen wurden, müssen die folgenden Ausführungen unter dem Vorbehalt einer geringeren Kontamination durch Verwachsungsreste betrachtet werden. Die gleiche Einschränkung gilt offensichtlich auch für die Vergleichswerte aus der Literatur.

Die Gehalte an Spurenelementen in den drei Erzmineralen Pyrit, Kupferkies und Zinkblende sind in den Tab. X-XVI (Anhang) als Urlisten aufgeführt.

5.6.1 Pyrit

Obwohl der Pyrit mengenmäßig vorherrscht, konnten aus technischen Gründen nur 19 Proben aus der Kernzone der beiden Erzkörper und der Umgebung der Lagerstätte Murgul analysiert werden (Tab. 3, Abb. 5 u. 14). Aus dieser Lagerstätte liegen zusätzlich 4 Pyritanalysen nach AKIN (1974) vor. Von der genetisch analogen Lagerstätte Madenköy geben ÇAGATAY & BOYLE (198o) für 8 Pyritproben Spurenelementgehalte an. Möglicherweise ergaben sich für die Autoren die gleichen Schwierigkeiten in der Abtrennung von reinen Mineralphasen, denn die Cu-Gehalte der Pyrite von Madenköy zeigen ebenfalls maximale Werte von 1 % bis 6,3 %. Die Analysendaten von Madenköy müssen also unter den gleichen Vorbehalten betrachtet werden wie die von Murgul.

Als eine Art "Standard" für die Spurenelementführung des Pyrites von Murgul können zwei Proben aus dem Tagebau Anayatak (PT 2, PT 3) angesehen werden. Hierbei handelt es sich um mm-große idiomorphe Kristalle der jüngsten Generation (s.S.54). Allerdings muß dabei berücksichtigt werden, daß es sich hier sicher um mobilisierten Pyrit handelt, der eine geochemische Fraktionierung erfuhr. Die Spurenelementgehalte sind deshalb durchwegs sehr niedrig und deuten damit, neben der geochemischen "Reinheit", sicher auch eine genetisch bedingte, spezifische Verarmung an.

In Anbetracht der erzmikroskopischen Ergebnisse, wonach die Verwachsung von Pyrit mit Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende und Fahlerz sehr intensiv ist, muß davon ausgegangen werden, daß trotz der mikroskopischen Auslese doch noch Verwachsungsreste, wenn auch untergeordnet, mit analysiert worden sind. Aus diesem Grunde werden die Cu-, Pb-, Zn-, Cd- und Sb-Werte bei den nachfolgenden Oberlegungen nicht mit berücksichtigt. Die Gehalte aller analysierten Spurenelemente sind in den Tab. XII, XV, XIII u. XIX (Anhang) angegeben. Zur besseren Obersicht wurden die Median- bzw. Einzelwerte der genetisch wichtigsten Spurenelemente der Pyrite in Tab. 12 zusammengestellt.

	ÖZGÜR (1985)			ÇAĞATAY & BOYLE (1980)	AKIN (1974)
Element	Anayatak Medianwert (ppm)	Çakmakkaya Einzelprobe (ppm)	Umgebung Medianwert (ppm)	Madenköy min.-max. (ppm)	4 Pyrite von Murgul (ppm)
Tl	1oo	-	2	n.b.	n.b.
Au	o,9oo	-	o,224	n.b.	n.b.
Sb	49	4	5	n.b.	n.b.
Ag	14	9	21	3-1o5	Sp.
Mo	17	46	16	n.b.	18-21
Se	55	21	4	n.b.	n.b.
As	18o	143	9oo	3o-2ooo	n.b.
Ge	o,5	-	o,8	n.b.	n.b.
Ga	o,7	-	1,o	n.b.	n.b.
Co	52	147	34	36-2oo	n.b.
Ni	4	4	4	14-4o	Sp.
Mn	41	-	5	3o-34o	1ooo
Cu	(o,8%)	(2,6%)	2,15o	248(-6,3%)	4o 1ooo
Zn	29o	414	47	168(-7,o%)	5o-1oo

Tab. 12: Die Median- bzw. Einzelwerte der wichtigsten Spurenelemente in den Pyriten von Murgul und Madenköy

Einige ungewöhnlich hohe Mo-Gehalte müssen wohl auch auf Verwachsungsreste mit Kupferkies zurückgeführt werden, wie der oben erwähnte "Standard-Pyrit" und die meist höheren Mo-Werte im Kupferkies zeigen.

Die Tl-, Sb-, As- und Ag-Gehalte in den Pyriten von Anayatak zeigen im Vergleich zu Çakmakkaya höhere Werte (Tab. 12), die nach ALBUQUERQUE & SHAW (1974) einen Hinweis auf eine relativ niedrige Bildungstemperatur der Vererzung geben.

Das Se weist in Anayatak einen höchsten Medianwert von 55 ppm auf, während es in Çakmakkaya mit einem Einzelwert von 21 ppm und in der Umgebung mit einem Medianwert von 4 ppm vertreten ist (Tab. XII u. XVIII-XIX, Anhang). Dies muß ebenfalls auf Verwachsungsreste mit Kupferkies zurückgeführt werden, da dieser ungewöhnlich hohe Se-Gehalte führt (s.S.112).

Die As-Gehalte sind mit Medianwerten in Anayatak bei 18o ppm und in der Umgebung bei ca. 9oo ppm vertreten, während sie in Çakmakkaya einen Einzelwert von 143 ppm erreichen (Tab. XII u. XVIII-XIX, Anhang). Die unterschiedlichen Werte sind möglicherweise auf eine lokal intensivere geochemische Fraktionierung, d.h. eine stärkere Umkristallisation, zurückzuführen.

Ein Beispiel für die geochemische Fraktionierung bzw. die Intensität der Pyritmobilisation zeigt das Variationsdiagramm (Abb. 29), in welches auch die entsprechenden Werte von Madenköy aufgenommen sind. Danach zeigt sich (1.) eine gute Übereinstimmung in der Streuung der Madenköy-Werte mit Murgul und (2.) ein um drei Zehnerpotenzen schwankendes Cu/As-Verhältnis bei relativ geringer Schwankung des Ag/As-Verhältnisses. Die Übereinstimmung der Streuung beider Lagerstätten-Pyrite könnte als Hinweis auf eine gleiche Genese betrachtet werden (s.S.125).

Die Co-Medianwerte sind in Anayatak mit 52 ppm und in der Umgebung mit 34 ppm vertreten, während von Çakmakkaya nur ein Co-Wert von 147 ppm vorliegt. Demgegenüber weisen die Pyrite aller Lokalitäten Median- bzw. Einzelwerte von Ni dicht an- oder unter der Nachweisgrenze von 4 ppm auf.

Die Co/Ni-Verhältnisse aller Lokalitäten wurden nach dem Muster von BRALIA et al. (1979) gemeinsam mit den Pyritdaten aus Madenköy graphisch zusammengestellt. (Abb. 3o). Daraus ergibt sich, daß die Pyrite von Murgul

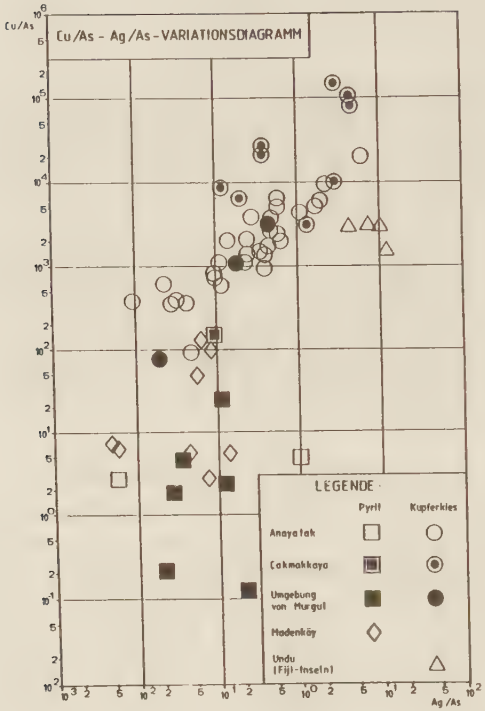


Abb. 29: Cu/As-Ag/As-Variationsdiagramm für Pyrit, Kupferkies und Zinkblende. Zum Vergleich sind 8 Pyrite von Madenköy (ÇAGATAY & BOYLE 1980) eingetragen.

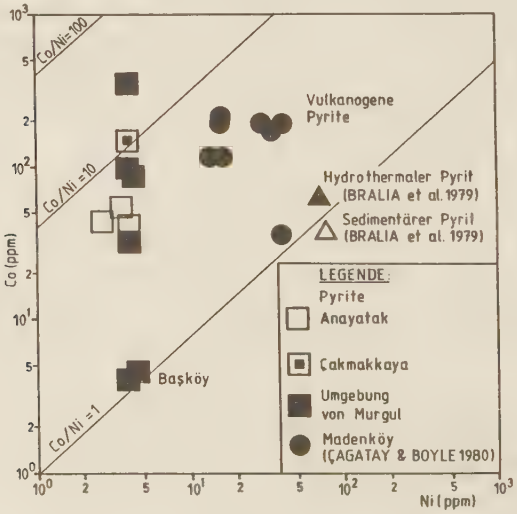


Abb. 30: Co/Ni- Verhältnisse in den Pyriten von Anayatak, Çakmakkaya und der Umgebung von Murgul. Zum Vergleich sind 8 Pyrite von Madenköy (ÇAGATAY & BOYLE 1980) eingetragen.

und Madenköy Co/Ni- Verhältnisse im Bereich von 5 bis 1o liegen und damit nach BRALIA et al. (1979) eine vulkanogene Genese andeuten. Auch diese Beobachtung kann auf eine gleiche genetische Entwicklung der Lagerstätten Murgul und Madenköy zurückgeführt werden.

Dagegen liegen die Pyrite von Başköy, deren Genese als hydrothermal angenommen werden muß (s.S.1o7), im Feld der hydrothermalen Pyrite. Somit bestätigen die Co/Ni-Verhältnisse in den Pyriten von Başköy den genetischen Unterschied dieser (alttertiären) Lagerstätte zu Murgul.

Das Gold erreicht in einem Pyrit von Anayatak mit 9oo ppb und in zwei Proben von Akarşen mit 1o9 und 339 ppb bemerkenswert hohe Gehalte (Tab. XVI, Anhang). Darauf ist sicherlich auch der beachtliche Goldgehalt in den Hüttenprodukten von Murgul zurückzuführen (s.S.48). Zudem wurde in Arkarşen erzmikroskopisch gediegen Gold gefunden (s.S.6o). Die genetische Bedeutung dieser Tatsache wird S.117 diskutiert.

Das Mn wurde nur in den Pyriten von Anayatak und der Umgebung analysiert. Es deutet Medianwerte in Anayatak mit 41 ppm und in der Umgebung mit 4 ppm an (Tab. XVIII-XIX, Anhang). Dies stimmt mit den Mn-Mittelwerten in den Pyriten von unter 5oo ppm (WEDEPOHL 1972) überein.

Die Ga- und Ge-Gehalte variieren in den Pyriten kaum und bleiben relativ gleich. Hier kann, von Ga/Ge- Verhältnissen ausgehend, im Sinne von MÖLLER et al. (1983) eine verhältnismäßig tiefe Bildungstemperatur von 18o bis 2oo^{o}C im schwach-sauren Bereich angenommen werden. Nach dem physiko-chemischen Modell von MÖLLER et al. (1983) deutet sich darin ein pH-T-Gleichgewichtszustand bei der hydrothermalen Zersetzung von Ga- und Ge-führenden Silikatmineralen an.

5.6.2 Kupferkies

Da der Kupferkies das Wertmineral des Grubenbetriebes darstellt, wurde davon eine größere Anzahl von Proben analysiert. Somit standen aus der Kernzone der beiden Erzkörper und der Umgebung der Lagerstätte Murgul

insgesamt 5o Erz- und zusätzlich 12 Bohrkernproben zur Verfügung (Abb. 5 u. 14, Tab. 3, X-XII, Anhang).

Spannweiten und Medianwerte der wichtigsten Spurenelemente sind zur besseren Übersicht in Abb. 31 dargestellt. Hier müssen Sb, Zn und Pb wohl überwiegend auf Verwachsungsreste zurückgeführt werden, wie bereits beim Pyrit erläutert wurde.

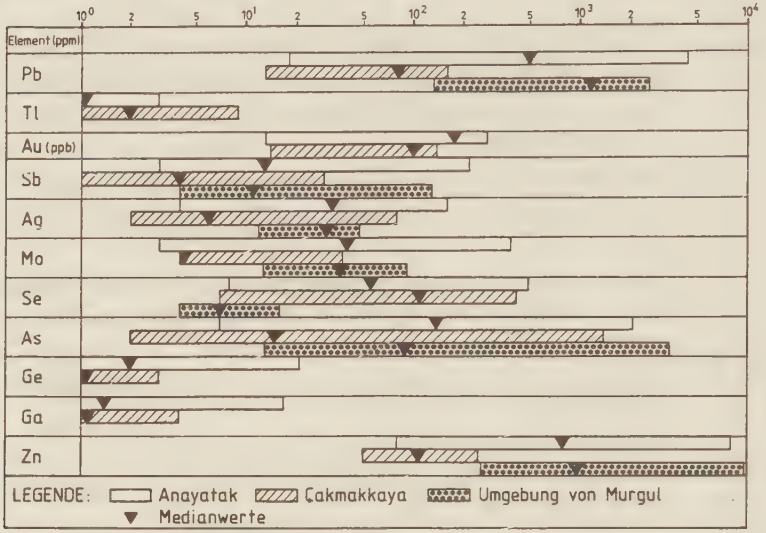


Abb. 31: Spannweiten und Medianwerte der wichtigsten Spurenelemente in Kupferkies von Anayatak, Çakmakkaya und der Umgebung von Murgul

Die Elemente As, Ag und Mo weisen in Çakmakkaya gegenüber den Proben von Anayatak und der Umgebung von Murgul generell eine Verarmung auf, während Se im Gegensatz dazu in Çakmakkaya angereichert ist. Dieser Trend hat sicherlich lokale genetische Gründe, auf die im einzelnen noch eingegangen wird.

Spurenelementgehalte, die für einen solchen subvulkanischen Lagerstättentyp signifikant sein könnten, wurden in der Literatur nicht gefunden, da auch von Madenköy (ÇAGATAY & BOYLE 1980) keine Vergleichsdaten vorliegen. Allenfalls können einige Analysendaten von 4 laborativ isolierten Kupferkiesproben aus der Lagerstätte Undu, Fiji-Inseln (COLLEY & RICE 1975), unter Vorbehalt mit betrachtet werden.

Das Variationsdiagramm Cu/As-Ag/As (Abb. 29) läßt zumindest erkennen, daß das Cu/As-Verhältnis der Fiji-Werte in der gleichen Größenordnung wie das von Murgul liegt, wenn auch mit etwas erhöhtem Ag/As-Verhältnis. Außerdem zeigt diese Darstellung, daß die betreffenden Spurenelementgehalte ungefähr einem linearen Verhältnis entsprechen. Die Streuung der gesamten Werte für den Kupferkies von Murgul und Umgebung liegt auffallend deutlich getrennt von den Pyritdaten. Dies ist auf die geringeren As-Gehalte im Kupferkies zurückzuführen. Dabei zeigen die Kupferkiese von Çakmakkaya die stärkste Verarmung an As, wie dies aus Abb. 31 auch ersichtlich ist.

Offensichtlich hängt die Verminderung der As-Gehalte im Kupferkies von Çakmakkaya (Median: 15 ppm) mit der intensiven Alteration, speziell der Silifizierung zusammen, wie ein Vergleich mit den entsprechenden Daten von Anayatak zeigt (Median: 140 ppm). Es könnte vermutet werden, daß ein Teil der relativ hohen As-Werte von Anayatak nicht auf einen diadochen Einbau im Kupferkiesgitter, sondern auf Einschlüssen von Fahlerz beruht.

Bemerkenswert ist in jedem Falle, daß die Kuperkiesproben aus der Umgebung von Murgul mit ihrem Median (90 ppm) dicht bei dem von Anayatak liegen. Aus diesem Grunde kann auf eine abfuhr von As aus dem Kupferkies von Çakmakkaya geschlossen werden, die auf die intensivere Alteration in diesem Erzkörper zurückgeführt werden muß.

Fast das gleiche Verhältnis ergibt sich bei Ag und Pb (Abb. 31), wodurch eine eigenartige Parallelität im geochemischen Verhalten dieser drei Elemente angedeutet ist.

Ein ähnliches Verhalten wie das As zeigt auch das Mo. Der relativ hohe Medianwert von Anayatak (4o ppm) beruht auf einer ungewöhnlichen Spannweite (3 bis 389 ppm). Vermutlich wirkt sich auch hierin wieder die Rekristallisation des Kupferkieses während der mehrphasigen Alterationsprozesse aus. Dies wird durch die ungewöhnlich geringeren Mo-Gehalte im Kupferkies von Çakmakkaya bestätigt, deren Median bei ca. 4 ppm liegt.

Das Mo ist offensichtlich während der stärkeren Alterationsprozesse in Çakmakkaya intensiv verarmt und abgeführt worden, wie auch der Vergleich mit den Kupferkiesproben aus der Umgebung von Murgul (Median: 37 ppm) zeigt.

Die Verteilung von Se stellt ein besonderes Problem dar. Seine Medianwerte liegen für Anayatak bei 57 ppm und Çakmakkaya bei 11o ppm, wobei in beiden Erzkörpern extreme Werte von 4oo bis 49o ppm auftreten (Tab. X, XI u. XVI, Anhang). Nach LEUTWEIN (1974) können derart hohe Se-Gehalte dadurch erklärt werden, daß dieses Element unter hydrothermalen Bedingungen aufgrund seiner ähnlichen Ionenradien den Schwefel im Kupferkiesgitter ersetzen kann. Die extremen Gehalte von 4oo bis 49o ppm lassen darüberhinaus vermuten, daß hier im Kupferkies kleine Einschlüsse des Se-Fahlerzes Hakit - $(Cu, Hg)_{12}Sb_4Se_{13}$ - vorliegen. In diesen Proben konnten kleine Einschlüsse eines relativ hellen Fahlerzes beobachtet werden. Vermutlich ist das Se während der intensiveren Alteration in Çakmakkaya durch die partielle Auflösung der Fahlerzeinschlüsse in das Gitter des Kupferkieses aufgenommen und auf diese Weise besser fixiert worden als in Anayatak.

Auf jeden Fall scheint der um eine Zehnerpotenz höhere Se-Gehalt des Kupferkieses in der Lagerstätte Murgul gegenüber dem geringeren im Kupferkies aus der Umgebung (Median: 7 ppm) einen Hinweis auf die Lagerstättenbildung zu bieten. Eine entsprechende Deutung bietet auch die Abb. 32, in der sich das Feld der Cu/As-Se/As-Variation von Çakmakkaya deutlich von dem Feld der analogen Werte aus Anayatak und der Umgebung von Murgul abhebt. Generell ist auch hier wieder ein lineares Verhältnis zwischen Cu/As- und Se/As-Variation angedeutet.

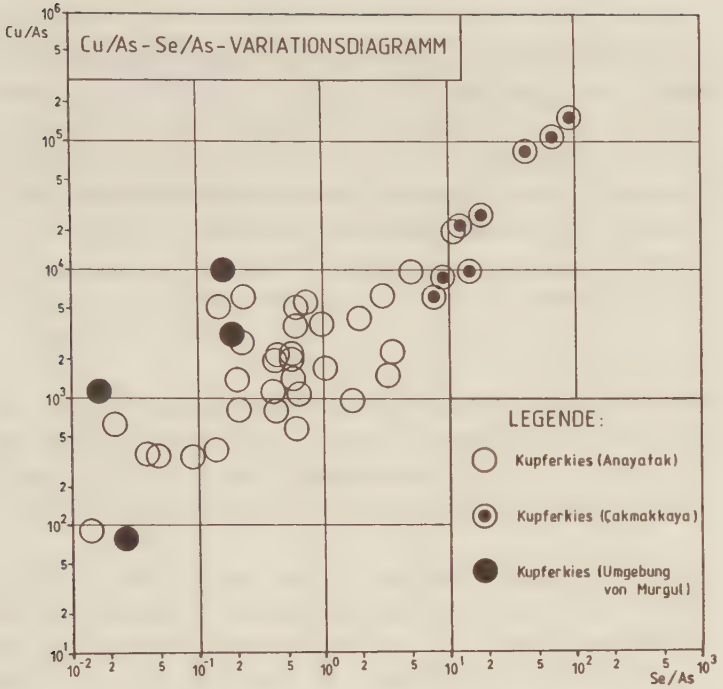


Abb. 32: Cu/As-Se/As-Variationsdiagramm für Kupferkies von Anayatak, Çakmakkaya und der Umgebung

Bis auf Se und Tl erscheinen die wichtigsten Spurenelemente in den Kupferkiesproben von Çakmakkaya gegenüber denen von Anayatak und der Umgebung von Murgul mehr oder weniger stark abgereichert zu sein (Abb. 31). Dieser generelle Trend muß, wie vorstehend bei einzelnen Elementen erläutert wurde, auf die stärkere Alteration in der Kernzone des Erzkörpers Çakmakkaya zurückgeführt werden. Während der unterschiedlich intensiven Umlagerungsprozesse erfuhr der generell mobile Kupferkies eine ausgeprägte "Reinigungskristallisation".

Zum Schluß lassen die Ga/Ge-Verhältnisse unter Anwendung des für Zinkblende entwickelten physiko-chemischen Modells (MÖLLER et al. 1983) einen verhältnismäßig tiefen Temperaturbereich von 180° bis 200°C für das Bildungsgleichgewicht mit den beteiligten Silikaten vermuten.

Die wenigen Analysenwerte von Gold für Anayatak und Çakmakkaya sind im Median auffallend einheitlich (1o3 bzw. 175 ppb). Das Auftreten von Gold erhält im Hinblick auf die relativ niedrigen Mo-Werte für eine genetische bzw. plattentektonische Interpretation eine Bedeutung (s.S.125). Immerhin enthält das Blisterkupfer von Murgul etwa 1o ppm Gold, was für den Grubenbetrieb von ökonomischem Interesse ist.

5.6.3 Zinkblende

Dieses Mineral tritt nur im Südosten des Tagebaues Anayatak lokal und sporadisch auf; in Çakmakkaya scheint es ganz zu fehlen (s.S.55). Deshalb konnten nur 2 Zinkblendeproben aus der Kernzone von Anayatak möglichst phasenrein isoliert und mit AAS und SSMS analysiert werden (Tab. 3).

Da die erzmikroskopischen Beobachtungen ergeben haben, daß die Zinkblende meist mit Kupferkies und Bleiglanz intensiv verwachsen ist, wurde auf eine phasenreine Auslese unter dem Binokular großer Wert gelegt. Trotzdem konnten nicht alle Verwachsungsreste eliminiert werden, weshalb höhere Pb- und Cu-Gehalte darauf zurückgeführt werden müssen.

Das Fe ist mit Werten von 1,5 und 5,8 % (Tab. XII u. XV, Anhang) vertreten, was einem üblichen Gehalt einer relativ Fe-armen Zinkblende entspricht.

Cd erreicht in einer Probe 35oo ppm (Tab. XII u. XV, Anhang). Dieses Element ist erfahrungsgemäß stets an Zinkblende gebunden. Nach einem Vergleich zu Madenköy mit einer Spannweite von 18o-12oo ppm (ÇAGATAY & BOYLE 198o) und Sardinien mit 31oo ppm (MANGOLD 1983) kann dieser Wert als normal betrachtet werden.

Das Ag ist mit Gehalten von 22 und 52 ppm vertreten, das in dieser Größenordnung nach VINCENT (1969) während der Zinkblendekristallisation diadoch in das Gitter aufgenommen werden kann.

Die Mo-Gehalte mit 44 und 64 ppm dürften einerseits im Vergleich zu Kuroko-Erzen (WEDEPOHL 1978) als normal betrachtet und andererseits

vielleicht auch auf Kupferkiesreste zurückgeführt werden, da die Kupferkiesproben entsprechend hohe Mo-Gehalte aufweisen (s.S.112).

Die Ga- und Ge-Gehalte sind in einer Probe mit 27o und 19 ppm vertreten (Tab. XV, Anhang). Hier kann wiederum im Sinne von MÖLLER et al. (1983) eine verhältnismäßig tiefe Gleichgewichtstemperatur von 25o^{o} bis 3oo^{o}C im schwach-sauren Bereich angenommen werden (s.S.1o9). Da es sich hier jedoch nur um eine Probe handelt, kann diese Angabe nur unter Vorbehalt betrachtet werden.

6. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

6.1 Geochemische Parameter der Vulkanite

In den alterierten Tuffen der Kernzonen von beiden Erzkörpern zeigen die Spurenmetalle Cu, Zn, Pb, As, Sb, Ag und Au im Vergleich zum hangenden, tauben Dazit eine merkliche Anreicherung, während sich Mn und Ti durch eine starke Abnahme auszeichnen. Damit deutet sich ein gesteinsgeochemischer Indikator für die mit der Alteration verbundene Vererzung an.

Eine geochemische Besonderheit scheint in den Vulkaniten des Ostpontischen Metallotektes mit den ungewöhnlich hohen Edelmetallgehalten erkennbar zu werden. Die Ag- und Au-Werte liegen generell um 1 bis 2 Zehnerpotenzen über den in der Literatur für die einzelnen Gesteinstypen angegebenen Durchschnittsgehalten. Hierin könnte eine genetische Analogie zu den Lagerstätten des Kuroko-Types gesehen werden, insbesondere für den die Vererzung in Murgul unmittelbar begleitenden alterierten Tuff.

Diese Alteration des Lagerstätten-Tuffes mit ihrer schon im Gelände erkennbaren Argillitisierung, Serizitisierung und Silifizierung kommt auch geochemisch im Abbau der Feldspäte und anderen Silikatmineralen zum Ausdruck, wobei hier die betreffenden Elemente (Na, K, Ca, Rb und Cs) erheblich verarmt sind. Demgegenüber muß die Anreicherung von Ba wohl durch eine hydrothermale Zufuhr während der Alterationsprozesse gedeutet werden.

Die SEE-Gehalte in den alterierten Tuffen der Kernzonen zeichnen im Vergleich zu den analogen Tuffen außerhalb der Lagerstätte sowie zum hangenden, tauben Dazit eine räumliche Differenzierung nach, welche durch Dünnschliff-Beobachtungen nicht erfaßbar war. Auf alle Fälle weist die negative Eu-Anomalie in den Verteilungsmustern der betreffenden Vulkanite darauf hin, daß der heute vorhandene SEE-Gehalt fast ausschließlich auf den intensiven Abbau der Feldspäte zurückzuführen ist. Dies wird durch den Kontrast zwischen dem Lagerstätten-Tuff und dem hangenden Dazit (UDS) unterstrichen.

F läßt sich durch seine erhebliche Zunahme in den alterierten Tuffen - begrenzt auf den Lagerstättenbereich - als gesteingeochemischer Indikator für die mit der Alteration verbundene Vererzung verwenden, wie S. 117 weiter diskutiert wird.

6.2 Geochemische Parameter der Sulfiderze

Pyrit und Kupferkies von Anayatak und der Umgebung zeigen generell höhere As-, Ag- und Sb-Gehalte als die von Çakmakkaya, was für die ersten beiden Gruppen auf niedrigere Bildungstemperaturen hinweist (s.S.1o7). Damit wird Murgul genetisch und geochemisch vergleichbar mit Madenköy und dem Kuroko-Typus Undu, Fiji-Inseln, besonders in den Cu/As- und Ag/As-Verhältnissen.

Aus den Co/Ni-Verhältnissen im Pyrit geht hervor, daß die Lagerstätten Murgul und Madenköy nach dem Modell von BRALIA et al. (1979) einer vulkanogenen Genese zugeordnet werden können. Dagegen weisen 2 Pyrite von Başköy möglicherweise einen genetischen Unterschied zu Murgul auf, da sie nach dem gleichen Autor ein für hydrothermale Lagerstätten typisches Co/Ni-Verhältnis zeigen.

Bis auf Se und Tl sind die wichtigsten Spurenelemente in den Kupferkiesproben von Çakmakkaya gegenüber denen von Anayatak und der Umgebung mehr oder weniger abgereichert. Diese Tatsache kann nur durch intensive Alteration in der Kernzone von Çakmakkaya erklärt werden, zumindest in dem von der Beprobung erfaßten Bereich. Dagegen ist das Se vermutlich während der intensiven Alteration in Çakmakkaya durch die partielle Auflösung der Fahlerzeinschlüsse in das Gitter des Kupferkieses aufgenommen und auf diese Weise besser fixiert worden als in Anayatak.

Besonders interessant sind die relativ hohen Gold-Gehalte im Pyrit von Anayatak und Akarşen. Demgegenüber scheinen die Gehalte im Kupferkies von Anayatak und Çakmakkaya durchwegs geringer zu sein. Im Hinblick auf die auffallend niedrigen Mo-Werte ergibt sich ein weiterer Hinweis auf die Genese der Lagerstätte, sofern für die Au-Gehalte als geochemische Quelle der Erdmantel angenommen wird, wie dies z.B. für Cu-Porphyries im W-pazifischen Inselbogen der Fall ist.

6.3 Geochemische Indikatoren zur Erzhöffigkeit

Bei lithogeochemischen Prospektionen auf schicht-gebundene Sulfiderze können Spurenelemente, von bekannten Lagerstätten ausgehend, als geochemische Indikatoren zur Erzhöffigkeit verwendet werden, die durch ihre

An- oder Abreicherungen gegenüber den Durchschnittsgehalten des Nebengesteines signifikant auffallen. Nachdem SCHNEIDER et al. (1977) zuerst mit Fluor diese Möglichkeit für schicht-gebundene Buntmetall-Lagerstätten in Kalken bewiesen hatten, konnten ÇAGATAY & BOYLE (1980) die Verwendbarkeit von F, Zn, Pb und As bei der Prospektion auf vulkanogene Sulfiderze nachweisen. Später haben MÖLLER et al. (1983) geochemische Indikationen von F, Na, As und Sb sowie LAVERY (1985) speziell für F bei der Prospektion auf schicht-gebundene Buntmetall-Lagerstätten weiter feststellen können.

Durch die geochemischen Analysenreihen konnte belegt werden, daß sich die alterierten Tuffe in den Kernzonen der beiden Erzkörper durch eine Anreicherung von Cu, Zn, Pb, As und Sb sowie eine Verarmung an Mn, Ti, K, Ca, Rb und Cs auszeichnen. Hier scheinen vor allem die Elemente F, Mn und Ti den besten Erfolg zu versprechen, da sie im Vergleich zum hangenden tauben Dazit einen deutlichen Kontrast erkennen lassen.

Das Fluor zeichnet sich in den alterierten Lagerstätten-Tuffen im Gegensatz zum hangenden, tauben Dazit durch eine starke Anreicherung aus (Abb. 2 Dies ist in jedem Falle als ein Beweis für die nachträgliche Zufuhr dieses Elementes in die Tuffe zu verstehen, wogegen der hangende, taube Daziet mit seinen "normalen" Werten offensichtlich keinen analogen F-Nachschub erfahren hat. Dadurch eignet sich F besonders als gesteingeochemischer Indikator für die mit der Alteration verbundene Vererzung, wie auch LAVERY (1985) dies bestätigt hat.

Das Ti dagegen ist in den alterierten Tuffen im Vergleich zum hangenden, tauben Dazit erheblich verarmt (s.S. 76). Um diesen Kontrast zu verdeutlichen, wurde für den engeren Lagerstättenbereich die Ti-Verteilung in Abb. 33 dargestellt. Dabei wurden zur Vereinfachung zwei Wertegruppen gebildet, die unter bzw. über dem Medianwert von ca. 1000 ppm liegen. Aus explorationstechnischen Gründen ist dieser Medianwert auch für den hangenden, tauben Dazit willkürlich angesetzt. Dadurch werden beide Gesteinstypen für die Bergbaupraxis petrochemisch charakterisiert, obwohl der wirkliche Median für die Dazite erheblich höher liegt (s.S. 76). Die drei niedrigen Werte im hangenden, tauben Dazit östlich der Tagebaugrenze von Çak-

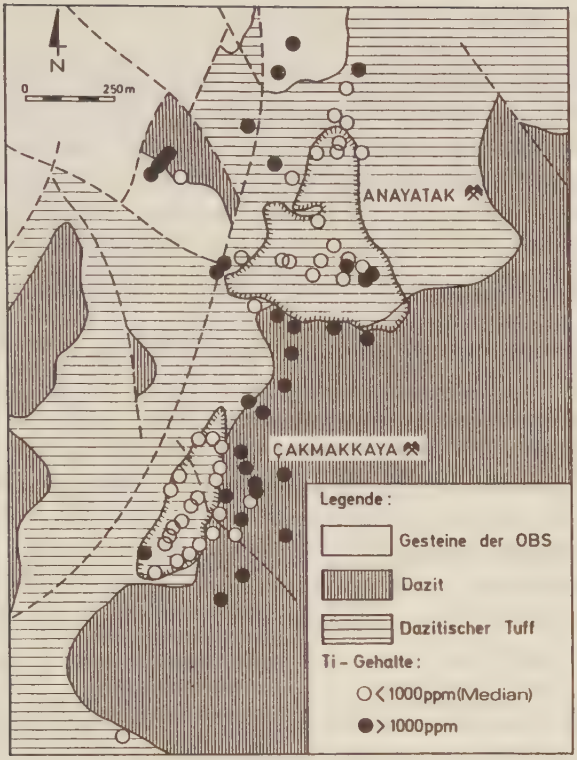


Abb. 33: Ti-Verteilung im weiteren Lagerstättenbereich von Murgul

makkaya beziehen sich auf ein kleines bruchtektonisch eingeschlepptes Vorkommen von alterierten Tuffen, welches im Maßstab des Kartenbildes nicht gezeichnet werden konnte.

Die Verarmung an Ti im Lagerstätten-Tuff muß durch den Abbau der Ti-führenden Silikate während des Silifizierungsprozesses gedeutet werden. Somit eignen sich Ti wie auch F als gesteinsgeochemische Indikatoren. Ganz ähnlich weist auch das Mn in den alterierten Tuffen im Vergleich zum hangenden, tauben Dazit eine deutlichere Verarmung auf, wodurch es ebenfalls als gesteinsgeochemischer Indikator für die mit der Vererzung verbundene Alteration betrachtet werden kann.

6.4 Zur Genese der Lagerstätte Murgul

Die Pontiden repräsentieren nach der heute vorherrschenden plattentektonischen Konzeption einen Inselbogen (ASLANER 1977, AKIN 1978), der dem nördlich gelegenen pontischen Kontinent von Lias bis in das Miozän vorgelagert war. Die zwischen die Pontiden und Anatoliden eingeschaltete Ophiolit-Zone markiert den gegen Ende des Mesozoikums mobilen Gürtel vor dem Südrand der Pontischen Mikroplatte und deutet damit den Beginn der plattentektonischen Bewegungen an.

Das gesamte Gesteinsinventar der Ostpontiden besteht überwiegend aus 2ooo bis 3ooo m mächtigen Vulkaniten, denen nur örtlich geringmächtige marine Sedimente eingeschaltet sind. Dabei boten tiefreichende Bruchsysteme vielerorts Förderspalten für jeweils jüngere vulkanische Eruptionen und hydrothermale Lösungen. Die Verbreitung der stofflich stark variierenden Vulkanitserien in den Ostpontiden deckt sich mit der Ausdehnung der Buntmetallvorkommen. Sofern hier von einem Metallotekt gesprochen werden kann, ist seine Entwicklung offensichtlich an diesen jungen "Inselbogen-Vulkanismus" gebunden, wie auch AKIN (1978) dargelegt hat.

Die vulkano-sedimentäre Abfolge in Murgul und seiner Umgebung ist mit MAUCHER (196o, 1962), SAWA & SAWAMURA (197o), MADO (1972) und AKIN (1978) übereinstimmend in vier Serien zu gliedern, nämlich die Untere Basische Serie (UBS), Untere Dazitische Serie (UDS), Obere Basische Serie (OBS) und Obere Dazitische Serie (ODS). Die Untere Dazitische Serie (UDS) mit der abschließenden, saueren Förderung des ersten magmatischen Zyklus ist im Ostpontischen Metallotekt generell buntmetallerzführend.

Die Lagerstätten-Vulkanite von Murgul sind dazitische Tuffe, Tuff-Sandstein-Kalkformation und hangende Dazite, von denen die Tuffe und Tuff-Sandstein-Kalkformation einen auffallend raschen horizontalen und vertikalen Wechsel erkennen lassen. Marine Sedimente treten nur in Linsen von m-Ausdehnung bzw. Einschaltungen geringer Mächtigkeit auf. Nach BUSER et al. (1973) können die Tuffe und Tuff-Sandstein-Kalkformation biostratigraphisch in die Oberkreide (Senon) eingestuft werden.

Eine nachträgliche, sehr intensive Alteration verwischte den primären Mineralbestand durch Serizitisierung, Argillitisierung und Silifizierung in mehreren Phasen. Die intensive Alteration schließt nach den Gelände-Beobachtungen sehr scharf mit der Obergrenze dieses Komplexes ab. Damit hört auch die Vererzung im Vertikalprofil auf. Somit existiert offensichtlich ein direkter Zusammenhang zwischen der Alteration und der Vererzung.

Der überlagernde, taube, rote und grüne Dazit wirkt im Gegensatz zu den sekundär veränderten Lagerstätten-Vulkaniten relativ frisch, was durch die scharfe Grenze zwischen beiden Gesteinskomplexen noch unterstrichen wird. Für genetische Überlegungen spielt diese scharfe petrographische Grenze eine besondere Rolle insofern, als zwischen den verschiedenen Umwandlungsprozessen im Lagerstättenniveau und dem überlagernden frischen Dazit ein zeitlicher Hiatus angenommen werden muß.

Für die Lagerstätten-Vulkanite wurde schon von SAWA & SAWAMURA (197o) und MADO (1972) ein genetischer Zusammenhang zwischen Alteration und Lagerstättenbildung erkannt. So sind auch die benachbarten kleineren Erzvorkommen (Kilise Tepe, Akarşen und Aduca Dere) stets von der intensiven Alteration des gleichen Gesteinskomplexes begleitet. Die Alteration scheint generell in ihrer Bindung an einen bestimmten Vulkanitkomplex sehr verbreitet zu sein und bietet sich dadurch als feldgeologischer Leithorizont an. Es kann deshalb generell von einer "schicht-gebundenen" Vererzung gesprochen werden.

Daneben bietet die trichterförmige Geometrie der Alterationswurzeln in der Teufenerstreckung von Anayatak einen Hinweis auf die lokale Beschränkung der Mineralisationsprozesse, die, geologisch betrachtet, in einer bestimmten Zeitspanne - v o r d e r Ü b e r l a g e r u n g d u r c h j ü n g e r e G e s t e i n e - stattgefunden haben muß.

Einen Beleg für diese Annahme bildet der relativ kleine Erzkörper von Bognari NW von Anayatak, der von SAWA & SAWAMURA (197o) als "Fragmentalerz" bezeichnet wurde. Dabei sehen die Autoren die Erzfragmente als ein Erosionsprodukt von höheren Teilen des Anayatak-Erzkörpers. Hier ist also

der Nachweis für eine nachträgliche klastische Umlagerung von Teilen des bereits alterierten und mineralisierten Komplexes von Anayatak gegeben. Eine in die oberen Partien von Bognari eingeschaltete mächtige Gipsschicht könnte als weiterer Hinweis auf die exogenen Bildungsbedingungen dieses klastischen Erzes betrachtet werden.

Die genetisch bedeutungsvolle Zeitmarke stellt somit die relativ scharf ausgebildete Grenze im Hangenden der beiden Erzkörper von Anayatak und Çakmakkaya dar. Unterhalb dieser Grenze ist in Çakmakkaya eine mehrere m-mächtige, lateral in der Mächtigkeit, jedoch schwankende Partie von intensiv alterierten (argillitisierten bzw. kaolinisierten) vulkano-sedimentären Gesteinen noch erhalten, die im benachbarten Tagebau Anayatak nicht vorhanden sind. Dort steht unterhalb dieser Grenze der stark silifizierte Erzkörper an. Daraus muß geschlossen werden, daß in Anayatak diese obersten Partien, zusammen mit dem höchsten Teil der Lagerstätte, bereits erosiv entfernt waren, als sich der hangende und taube Dazit darüber ergoß. Ein Teil der erosiv umgelagerten Erze wurde im etwa 3oo m entfernten Bereich von Bognari wieder abgelagert.

Die vorangegangene Alteration der dazitischen Pyroklastika und vulkanosedimentären Gesteine hat sicher mehrere Phasen mit verschiedenem Chemismus umfaßt, wie die zonenweise Entwicklung von silifizierten Erzimprägnationen, Netzerzen und jüngsten Reicherztrümern beweist. Wenn auch die einzelnen Phasen nicht mehr im Detail petrographisch gegliedert werden können, so scheint sich generell eine zeitliche Abfolge von einer ältesten Serizitisierung über eine Argillitisierung bis zu einer stets vorhandenen, aber noch zuletzt wirksamen Silifizierung erkennen zu lassen.

Der Erzmineralbestand der Lagerstätte Murgul ist relativ monoton: quantitativ herrscht der Pyrit vor. Als Wertmineral ist der Kupferkies weit verbreitet. Zinkblende und Bleiglanz treten nur lokal und sporadisch auf. Fahlerz ist nur mikroskopisch nachzuweisen. Andere primäre Sulfiderze, wie z.B. Molybdänglanz, konnten nicht beobachtet werden. Schon aufgrund dieser Buntmetall-Paragenese mit dem absoluten vorherrschenden Kupferkies, deutet sich für Murgul eine besondere genetische Entwicklung an, wie ein regionaler Vergleich mit den anderen Lagerstätten im weiter

westlich gelegenen Teil der Ostpontiden zeigt. Dort nimmt der Pb-Zn-Anteil kontinuierlich zu. Bereits ein Vergleich der Spurenelemente mit den Erzen von Madenköy zeigt, daß dort generell eine Pb-Zn-Vormacht gegenüber dem Cu ausgeprägt ist.

Die Bildungstemperaturen für die Lagerstätte Murgul müssen in einem Bereich unterhalb von 22o°C angenommen werden, da erzmikroskopische Hinweise auf höhere Temperaturintervalle fehlen, wie z.B. Entmischungen von Cubanit, Valleriit oder Magnetkies im Kupferkies. Die wenigen mikrothermometrischen Messungen an Quarzen der dritten Vererzungsphase weisen zwar auf höhere Temperaturen hin, doch können hierfür lokale Bedingungen verantwortlich sein, wie z.B. ein erhöhter Wärmetransport durch aufsteigende Lösungen in tiefreichenden Kluftzonen.

Die erhöhte Konzentration von F im Bereich der Kernzonen der Lagerstätte kann ebenfalls ein Hinweis auf eine Zufuhr durch höher temperierte Lösungen angesehen werden. Auf die gleiche Weise ist auch die Anreicherung von Ba zu verstehen.

Andererseits deutet die starke Verarmung von Eu in den Lagerstätten-Tuffen auf die Intensität der Alteration und den Abbau der Feldspäte hin.

Ein Vergleich mit der Lagerstätte Madenköy zeigt im Hinblick auf die "stratigraphische Position", die intensive Alteration der Nebengesteine und das Verhältnis von genetisch wichtigen Spurenelementen wie z.B. Cu/As-Ag/As und Co/Ni in Pyriten, eine auffallende Übereinstimmung mit Murgul. Demnach sind beide Lagerstätten genetisch eng verwandt.

Die Bildung der Lagerstätte Murgul kann nunmehr nach folgender Modellvorstellung gesehen werden:

Im Zeitraum zwischen Jura und Unterkreide entwickelte sich ein Inselbogen-Vulkanismus, wie er nach BECCELUVA et al. (1979) durch die Geochemie der Spilite im Raum von Murgul nunmehr auch geochemisch belegt werden kann (Abb. 34).

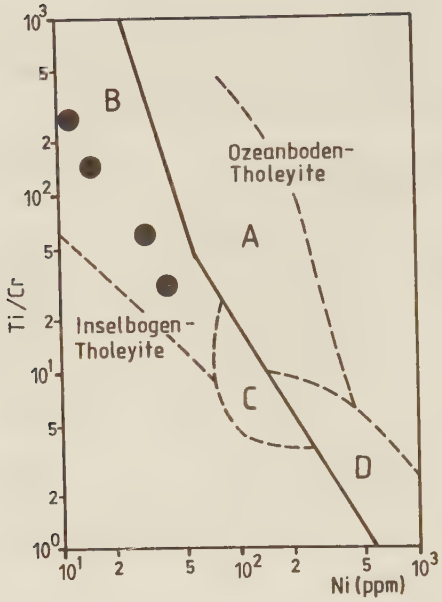


Abb. 34: Ti/Cr-Ni-Diagramm zur Differenzierung von Ozeanboden- und Inselbogen-assoziierten Tholeyiten (BECCELUVA et al. 1979). A Ozeanboden-Tholeyite, B Inselbogen-Tholeyite, C CaO-reiche Ozeanboden-Tholeyite, D pikritische Laven, ● Spilite von Murgul

In der höheren Kreide (Senon) nimmt die Förderung und Ablagerung von vulkanischem Material derart überhand, daß das Meer zeitweise aus diesem Gebiet verdrängt wurde und wahrscheinlich nur lokal am Rand des Inselbsogens Flachseesedimente absetzte. In der Zeitspanne, in der sich die Untere Dazitische Serie (UDS) entwickelte, folgte in kurzen Intervallen die Bildung der Lagerstätte. Die abgesetzten Pyroklastika und geringmächtigen Sedimente wurden in einem Bereich von etwa 1 bis 2 km^2 Fläche durch aufsteigende Hydrothermen in mehreren Phasen intensiv alteriert. Spätestens mit der letzten Phase der Silifizierung wurden die Buntmetall-Sulfide - hier vorherrschend Kupferkies - abgesetzt. Wieder-

holte tektonische Bewegungen führten zunehmend zu einem Zerbrechen der verkieselten Gesteine und öffneten dadurch weitere Spaltenräume für eine zunehmende Mineralisation.

Die heute existierende, relativ scharfe Grenzfläche im Hangenden der Lagerstätten-Tuffe wurde erst durch eine mehr oder weniger intensive Erosion von ehemals überlagernden Gesteinen geschaffen. Wie mächtig diese Überlagerung war, kann heute nur noch geschätzt werden; sie dürfte 2oo oder 3oo m nicht überschritten haben. Einen Hinweis auf diese Erosionsphase stellt die klastische Anreicherung von Erzfragmenten der Lagerstätte Anayatak in Bognari dar (SAWA & SAWAMURA 197o). Damit hat sich auf jeden Fall die Ansicht von WIJKERSLOOTH (1946), SCHNEIDERHÖHN (1955), KAHRER (1958), KRAEFF (1963), SAWA & SAWAMURA (197o) und MADO (1972) bestätigt, wonach die Lagerstätte Murgul einem subvulkanischen Typus zugeordnet werden muß. Jedenfalls lassen sich auch durch die vorliegenden Untersuchungen keine Anhaltspunkte für eine (exhalativ-sedimentäre) Entstehung im marinen Milieu erkennen, weshalb die genetischen Modellvorstellungen von MAUCHER (196o, 1962), VIJANOVIC (1974), ASLANER (1977) und DORA (1979) nicht bekräftigt werden.

Das wichtigste Argument ist vor allem das quantitativ starke Zurücktreten von marinen Sedimenten, die, wenn sie überhaupt noch vorhanden sind, bestenfalls auf ein litorales Flachwassermilieu hinweisen. Zudem spricht die auffallend starke räumliche Begrenzung der Mineralisation und ihrer geochemischen Dispersion eher für eine mehr festländische (Inselbogen !) als für eine submarine Entwicklung.

Darüberhinaus kann der Vererzungstypus von Murgul und Madenköy geochemisch eher noch mit der Lagerstätte Undu, Fiji-Inseln (COLLEY & RICE 1975) als mit einem Prototyp submariner Lagerstättenbildung verglichen werden, wie sie nach Art der Kuroko-Erze bekannt sind. Als ein genetisch-paragenetischer Hinweis auf die plattentektonische Position der Ostpontischen Inselbogen-Entwicklung mit ihren Buntmetall-Lagerstätten kann die Existenz eines porphyrischen Cu-Mo-Gürtels am Nord-

rand der anatolischen Mikroplatte angesehen werden (ASLANER 1977, TAYLOR & FRYER 198o). Im Gegensatz dazu bekräftigt der relativ hohe Au-Gehalt von Murgul die plattentektonische Position eines typischen Inselbogens.

Dieser in der Oberkreide ausgeprägt entwickelte Inselbogen des Ostpontischen Metallotektes führt in seinem westlichen Teil charakteristische, submarin gebildete Buntmetall-Lagerstätten (z.B. Keltaş, MAUCHER 196o), die sich durch die sedimentäre Verknüpfung einer vorherrschenden Pb-Zn-Paragenese mit Tuffen und marinen Sedimenten auszeichnen. Dagegen hat sich im östlichen Teil des Metallotektes die Lagerstätte Murgul als ein subvulkanischer Typus unter mehr festländischen Bedingungen mit absoluter Kupfervormacht entwickelt.

LITERATURVERZEICHNIS

ACAR, E. & AKINCI, Ö.: Statistical Determination of the Zn/Cd relation for Harşit-Köprübaşı (Tirebolu) Cu-Pb-Zn Mine. Bull. Geol. Soc. Türk., Bd. 18, H. 1, 85-86, 1975.

ACAR, E.: Doğu Karadeniz bölgesi Tirebolu, Harşit Vadisi ve Civarının Jeolojisi, Petrografik Etüdü ve Ekonomik Jeolojisi Hakkında. Unpubl. Dipl.Arbeit, Universität Izmir, 122 S., 1976.

AHRENS, L.H.: The Lognormal distribution of the elements (A fundamental law of geochemistry and its subsidiary). Geochim. et cosmochim. Acta, Vol. 5, 4o-73, 1954.

AKIN, H.: Die Buntmetall-Komplexerzlagerstätte Harşit-Köprübaşı, Provinz Giresun/Türkei. Dissertation, Technische Universität Berlin, 1o7 S., 1974.

AKIN, H.: Die Buntmetall-Komplexerzlagerstätte Harşit-Köprübaşı (Nordost-Türkei) Erzmetall Bd. 29, H. 7/8, 3o7-311, 1976.

AKIN, H. & ERDEN, T.: Harşit-Köprübaşi Polimetalik maden yatağindaki cevher dağilimi.MTA Bull. 89, 1-8, Ankara 1977.

AKIN, H.: Die Buntmetall-Lagerstätten in der Provinz Giresun (Nordost-Türkei) und ihr geologischer Rahmen. Habilitationsschrift, Technische Universität Berlin, 24o S., 1978.

AKIN, H.: Geologie, Magmatismus und Lagerstättenbildung im Ostpontischen Gebirge/Türkei aus der Sicht der Plattentektonik. Geol. Rdsch. Bd. 68, H. 1, 253-283, 1978.

AKINCI, Ö.: Bulancak Güneyindeki Sülfid damarlarında sıvı kapanım çalışması. Geol. Soc. Türk., Bd. 19, H. 1, 45-52, 1976.

AKINCI, Ö.: Sıvı kapanımları ve onlardan yararlanma olanakları. Bull. Geol. Soc. Türk. (Yeryuvarı ve insan.), Bd. 1, H. 1, 8-1o, 1976.

AKINCI, Ö.: Major Copper Metallogenic Units and Genetic Igneous Complexes of Turkey. European Copper Deposits-Belgrade, 199-2o7, 198o.

ALBUQUERQUE, C. & SHAW, D.M.: Thallium (81). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/5, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.) 1974 (1978).

ALTUN, Y.: Çayeli-Madenköy bakır-çinko (Cn-Zn) yatağının Jeolojisi ve cevherleşmeye ilişkin sorunlar. MTA Bull. 89, 9-22, Ankara 1977.

ASLANER, G.: Kutonit cevherleşmesinin (doğu Karadeniz bölümü) mineralojik incelemesi ve elde edilen Jenetik veriler. MTA Bull. 77, 38-56, Ankara 1971.

ASLANER, M.: Türkiye Bakır-Kurşun-Çinko Yataklarının Jeolojik ve Bölgesel sınıflamasıyla plaka Tektoniği yönünden incelenmesi. Karadeniz Teknik Univ. Veröff. Nr. 85, 7o S., Trabzon 1977.

ATAMAN, G., ÇAPAN, U.Z., GÖKÇEN, L.S. & BUKET, E.: Plaka Tektoniği ilkeleri. Hacett. Fen ve Müh. Bil. Derg., Vol. 4, 113-178, Ankara 1974.

ATAMAN, G., BUKET, E. & ÇAPAN, U.Z.: Could North Anatolien Fault Zone be a Paleo-Benioff Zone ? MTA Bull. 84, 97-1o2, Ankara 1975.

BACHMANN, H.G.: Pontus-Studien zur Geschichte einer Metallprovinz. Der Ausschnitt 1, 14-24, Essen 1976.

BACON, J.R. & URE, A.M.: The correction of interference effects in the determination of the rare earth elements and Hafnium by spark-source mass spectrometry. Anal. Chimica Acta, 1o5, 163-176, 1979.

BECCALUVA, L. et al.: Geochemical discriminatior between ocean-floor and island-are tholeiites; application to some ophiolites. Can. J. Earth Sci. 16, 1874-1882, 1979.

BISTE, M.: NE-Lagerstätten und geologischer Bau im Bereich des Brcu. Rin Molas, Sarrabus/SE-Sardinien. Unveröff. Dipl.-Arbeit 85 S., 1975.

VAN DEN BOOM, G. & MÜLLER, A.: Methodik geochemischer Prospektion und ihre praktische Anwendung. Bundesanstalt für Bodenforschung. Ref. Metall-Rohstoff, 1-26, Hannover 1974.

BORCHERT, H.: Türkiye'de inisiyal Ofiolitik magmatizmaya ait Krom ve Bakır cevheri Yatakları. MTA Veröff. Nr. 1o2, 162 S., Ankara 1958.

BORCHERT, H.: Genetische Typen von Kupfererzlagerstätten und ihre Verknüpfung mit juvenil-basaltischem und/oder sialisch-palingenem Magmatismus. Schriften der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., H. 18, 4-19, Clausthal-Zellerfeld 1966.

BRATTER, P., LAUSCH, J. & RÖSICK, K.: Neutronenaktivierungsanalytische Multielementbestimmung in Carrara-Marmor und Kalkstein-Standard KH. Z. Anal. Chem. 275, 359-363, 1975.

BRALIA, A., SABATINI, G. & TROJA, F.: A Revolution of the Co/Ni Ratio in Pyrite as Geochemical Tool in Ore Genesis Problems. Min. Dep. 14, 353-374, 1979.

BRINKMANN, R.: Geotektonische Gliederung von Westanatolien. N. Jb., Geol. Pal. Mh. 1o, 6o3-618, Stuttgart 1966.

BRINKMANN, R.: Einige geologische Leitlinien von Anatolien. Geol. et Paleo.2, 111-119, Marburg 1968.

BRINKMANN, R.: Geologische Beziehungen zwischen dem Schwarzen Meer und Anatolien. Sonderdruck aus Stockwerkbau und Felderteilung. Veröff. Zentralinst. Physik der Erde, Nr. 14, 477-497, 1973.

BRINKMANN, R.: Varistische Gebirgsbildung in der Türkei. Sonderndruck aus "Nova Acta Leopoldina", Bd. 45, Nr. 224, S. 3o1, 1976.

BRINKMANN, R.: Geology of Turkey. Ferdinand Enke Verl.,158 S., Stuttgart 1976.

BRINKMANN, R.: Höhere Oberkreide in Nordwest-Anatolien und Thrakien. N. Jb. Geol. Paleont. Abh. 154, 1-2o, 1977.

BÖRSTENBINDER, J. DULSKI, P. & LUCK, J.: EDV-gestützte Auswertung von Photoplatten in der Funkenquellenmassenspektrometrie. Proc. XX CSJ,1-8,Prag 1977.

BUSER, S. & CVETIC, S.: Geologie der Umgebung der Kupfererzlagerstätte Murgul in der Türkei. MTA Bull. 81, 1-25, Ankara 1973.

ÇAGATAY, M.N. & BOYLE, D.R.: Geochemical Prospecting for Volcanogenic Sulphide Deposits in the eastern Black Sea Ore Province, Turkey. Journal of Geochem. Exp., 8, 49-71, 1977.

ÇAGATAY, M.N. & BOYLE, D.R.: Geology, Geochemistry, and hydrothermal alteration of the Madenköy Massive-Sulphide Deposit, Eastern Black Sea Region, Turkey. Proceedings of the fifth Quadrennial. IAGOD Symposium E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandl. (Naegele & Obermiller) Germany, 653-677, Stuttgart 198o.

ÇAGATAY, M.N.: Hydrothermal alteration of volcanogenic massive sulphide deposits in Eastern Black Sea, Turkey. Bull. Geol. Soc. Türk., Bd. 23, H. 1, 69-79, 198o.

CAMPBELL, I.H. et al.: Rare Earth Element Mobility in Alteration Pipes below Massive Cu-Zn Sulphide Deposits. Chem. Geol., 45, 181-2o2, 1984.

COLLEY, H. & RICE, C.M.: A Kuroko-Type ore deposit in Fiji. Econ. Geol. Vol. 7o, 1373-1386, 1975.

CONSTANTINOU, G. & GOVETT, G.J.S.: Geology, Geochemistry and Genesis of Cyprus sulphide Deposits. Econ. Geol., Vol. 68, 843-858, 1973.

CORRENS, C.W.: Titan (22). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/2, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.) 1972 (1978).

CROCKET, J.H.: Gold (79). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry. Vol. II/5, Berlin/Heidelberg/New York (Springer-Verlag), 1974 (1978).

DICKINSON, W.R.: Plate Tectonic Models of Geosynclines. Earth and Planetary Sci. Letters 1o, 165-174 (North-Holland Company), 197o.

DIETERLE, M.: Geochemische "proximity" Indikatoren für schichtgebundene NE-Sulfidlagerstätten/Ostpontiden/Türkei. Dissertation (in Vorber.), Freie Universität Berlin, 1985.

DIXON, C.J. & PEREIRA, J.: Plate Tectonics and Mineralization in the Tethyan Region. Min. Dep., Vol. 9, 185-198, 1974.

DORA, O.Ü.: Die Entwicklung der Kenntnisse über die Genese schichtgebundener Lagerstätten der Türkei. Schriftenreihe der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., H. 33, 159-178, Clausthal-Zellerfeld 1979.

DOSTAL, J. & ZERBI, M.: Geochemistry of the Savalan Volcano (Northwestern Iran) Chem. Geol., 22, 31-42, 1978.

DULSKI, P.: Spurenanalyse als Hilfsmittel bei der geochemischen Untersuchung der Genese bolivianischer Sn-Lagerstätten. Berl. Geowiss. Abh. (A), 28, 79 S., Berlin 198o.

DZULYNSKI, S. & WALTON, E.K.: Sedimentary Features of Flysch and Greywackes Develop. in Sedimentology 7., 274 S., Elsevier-Amsterdam 1965.

ETHEM, M.Y.: Black Sea Copper. World Mining, 42-45, June 1975.

ETIBANK: Etibank's role in the turkish mining industry, Mining-Magazine, 484-5o1, June 1979.

EVERS, G.R. & KEAYS, R.R.: Volatile and Precious Metal Zoning in the Broadlands Geothermal Field, New Zeeland. Econ. Geol., Vol. 72, 1337-1354, 1977.

FLEISCHER, M.: Minor elements in some sulphide minerals. Econ. Geol., 5o, 97o-1o24, 1955.

FRONDEL, C.: Scandium (21). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/2, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verlag) 197o (1978).

GATTINGER, T.E., ERENTÖZ, C. & KETIN, I.: 1 : 5oo.ooo ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Trabzon Paftası. MTA Veröff., Ankara 1962.

GDMB: Kupfererzlagerstätten der Welt, ihre Genese und wirtschaftliche Bedeutung. Schriften der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., H. 18, 15o S., Clausthal-Zellerfeld 1966.

GÖKSU, E., PAMIR, H.N. & ERENTÖZ, C.: Explantory text of geological map of Turkey, Samsun-sheet, 1:5oo.ooo, MTA Inst., Ankara 1974.

GRAF, J.L.: Rare Earth Elements as Hydrothermal Tracers During the Formation of Massive Sulphide Deposits in Volcanic Rocks. Bull. of the Soc. of Econ. Geologists, Vol. 72, 4, 527-548, 1977.

GRIFFITTS, W.R., ALBERS, J.P. & ÖNER, Ö.: Massive Sulphide Copper Deposits of the Ergani-Maden Area Southeastern Turkey. Econ. Geol. Vol. 67, Nr. 6, 7o1-716, 1972.

GRIGORJAN, S.W.: Primäre geochemische Aureolen bei der Suche und Erkundung von hydrothermalen Lagerstätten. Z. angew. Geol. 22, 398-4o5, 1976.

GROMENT, P. & SILVER, L.T.: Rare earth element distributions among minerals in a granodiorite and their petrogenetic implications. Geochim. et. Cosmochim. Acta, Vol. 47, 925-939, Pergamon Press Ltd./USA 1983.

GSCHEIDNER, K. & EYRING, L.R.: Handbook on the Physics and Chemistry of rare earths, Vol. 3, 664 S., non-metallic compounds-I, North Holland Publishing Company, Amsterdam/New York/Oxford 1979.

GROTTJOHANN, H.: Die Korrelation von Geochemie und Faziesdifferenzierung im erzhöffigen Muschelkalk (Mitteltrias) der Ostalpen. Berl. Geowiss. Abh. (A), 3, 7o S., Berlin 1978.

GÜMÜŞ, A.: Türkiye Metallojenik Haritasının izahı. MTA Veröff. Nr. 144, 1-3o, Ankara 197o.

HALLBERG, R.O.: Sedimentary Suphide Mineral Formation - An Energy Circuit System Approach, Min. Dep. 7, 189-2o1, 1972.

HASSAN, M.A. & AL-SULAIM, J.S.: Copper Mineralization in the Northern Part of Oman Mountains near Al Fujairah, United Arab Emirates. Econ. Geol. Vol. 74, 919-946, 1979.

HEIER, K.S. & BILLINGS, G.K.: Kalium (19). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/2, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1972 (1978).

HEIER, K.S. & BILLINGS, G.K.: Rubidium (37). in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1972 (1978).

HEIER, K.S. & BILLINGS, G.K.: CÄSIUM (55). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1972 (1978).

HEIER, K.S. & BILLINGS, G.K.: Natrium (11). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/1, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1972 (1978).

HERMANN, A.G.: Yttrium and Lanthanides (39,57-71), in WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/5, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 197o (1978).

HILMER, E. et al.: Untersuchungen der Kupfervorkommen um Murgul/Türkei; achtbändiger unveröffentl. Bericht des durchführenden Konsortiums, Bd. 2 (39 S.) u. Bd. 3 (51 S.), Köln 1973.

HILMER, E., PROKOP, F.W. & SCHIEBEL, W.: Erfahrungen bei der Prospektion und Exploration auf Kupfervorkommen im Gebiet von Murgul, Nordost-Türkei. Erzmetall, 27, H.3, 117-126, Stuttgart 1974.

HUMPRIES, S.E.: The Mobility of the rare earth elements in the Crust, in: HENDERSON, P. (Ed.): Rare East Element Geochemistry, 317-342, Amsterdam 1984.

HUTCHINSON, R.W.: Volcanogenic Sulphide Deposits and Their Metallogenic Significance. Econ. Geol. Vol. 68, 1223-1247, 1973.

HORIKOSHI, E.: Volcanic Activity Related to the Formation of the Kuroko-Type Deposits in the Kosaka District, Japan. Min. Dep. 4, 321-343, 1969.

ILERI, S., SALANCI, B., BITEM, M. & DOĞAN, R.: Ergani Bakır yatağı ve Plaka tektoniği. Bull. Geol. Soc. Türk., Bd. 19, H. 2, 133-142, 1976.

JAKES, P. & WHITE, A.J.R.: Major and Trace Element Abundances in Volcanic Rocks of Orogenic Areas. Geol. Soc. Am. Bull., Vol. 83, 29-4o, 1972.

JANKOVIĆ, S.: The Copper Deposits Geotectonic Setting of the Thethyan Eurosian Matallogenic Belt. Min. Dep. 12, 27-47, Berlin 1977.

JANKOVIĆ, S.: Metallogeny and Plate Tectonics in the Northeastern Mediterranean. Faculty of Mining and Geology, Univ. of Belgrad, Unesco-Correlation Project Nr. 3, 559 S., 1977.

JANKOVIĆ, S.: Porphyry Copper and Massive Sulphide Ore Deposits in the Northeastern Mediterranean. Proc. of the Vth IAGOD Symposium/E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandl. (Naegele & Obermiller), 431-444, Stuttgart 198o.

KAHRER, C.: Die Kupferlagerstätte Murgul in der nordöstlichen Türkei. Dissertation, 119 S., Bonn 1958.

KANNAPIN, L., LUCK, J., MÖLLER, P. & SZACKI, W.: Massenspektrometrische Multielementanalyse von anorganischen Proben in Graphit- und Silber-Pulverelektroden. Z. Anal. Chem. 271, 1-6, 1974.

KAPTAN, E.: Murgul Madenindeki Anayatak Kökenli eski devirlere ait bir buluntu. MTA Bull. 89, 9o-94, Ankara 1977.

KARAMATA, S., MILOJKOVIC, R. & CUTURIC, N.: Lead and Copper Contents of igneous rocks form the Pontides and Anatolides and their significance. Geocome. I (First geological congress of the middle east). MTA Veröff., 347-366, Ankara 1979.

KETIN, I.: The Orogenic evolution of Turkey. MTA Bull. 53,82-88. Ankara 1959.

KETIN, I.: Tectonic Units of Anatolia (Asia Minor). MTA Bull. 66,23-34, Ankara 1966.

KETIN, I.: Über die nordanatolische Horizontalverschiebung. MTA Bull. 72,1-28, Ankara 1969.

KETIN, I. & CANITEZ, N.: Yapısal Jeoloji. ITÜ Kütüphanesi, 519 S., Ist. 1972.

KETIN, I.: Türkiye'nin başlıca Orojenik olayları ve Paleocoğrafik evrimi. MTA Bull. 88, 1-4, Ankara 1977.

KÜKSOY, M.: Geochemical Leakage anomalies in the vicinity of Keban Mine. Bull. Geol. Soc. Türk., Bd. 18, H. 2, 131-138, 1975.

KÜKSOY, M. & TOPÇU, S.: Jeokimyasal Prospeksiyonum tanımı ve Labaratuvar metotları. MTA Veröff. (Eğitim serisi) Nr. 16, 1-96, Ankara 1976.

KOPRIVICA, D.: Geology, structural features and sulphide and manganese occurences of the Hopa-Arhavi area (NE-Turkey). MTA Bull. 87, 1-18, Ankara 1976.

KOPRIVICA, D.: Geologic-structural features and the sulphide deposits in the area west of the Şavşat (NE-Turkey). MTA Bull. 91, 13-25, Ankara 1978.

KOPRIVICA, D.: Geological Correlation in the Hopa-Artvin-Şavşat area. Geocome. I. MTA Veröff. 379-41o, Ankara 1979.

KORITNIG, S.: Ein Beitrag zur Geochemie des Fluors. Geochim. Cosmochim. Acta, 1, 89-116, 1951.

KORITNIG, S.: Fluorine (9).-in:WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/1, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1974 (1978).

KRAEFF, A.: Geology and mineral deposits of the Hopa-Murgul region (Western part of the province of Artvin, NE Turkey) MTA Bull. 6o, 45-6o, Ankara 1963.

KRAEFF, A.: A contribution to the Geology of the region between Sirya and Ardanuç. MTA Bull. 6o, 37-44, Ankara 1963.

KRAUS, E.C.: Die Orogenese Ostanatoliens und ihre Subweiten. MTA Bull. 51, 1-6, Ankara 1958.

KRONBERG, P.: Bruchtektonik im Ostpontischen Gebirge (NE-Türkei). Geol. Rdsch., Bd. 59, H. 1, 257-265, Stuttgart 1969.

LAMBERT, I.B. & SATO, T.: The Kuroko and associated ore deposits of Japan: a review of their features and metallogenesis. Econ. Geol., Vol. 69, 1215-1236, 1974.

LAVERY, N.G.: The use of Fluorine as a Pathfinder for volcanic-hosted massive sulphide ore deposits. Journal of Geochem. Exp., 23, 35-6o, 1985.

LEBLANC, M. & BILLAUD, P.: A Volcano-Sedimentary Copper Deposition on a Continental Margin of Upper Proterozoie Age: Bleida (Anti-Atlas, Marocco). Econ. Geol. Vol. 71 , 11o1-1111, 1976.

LEBELTIER, C.: A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation. Econ. Geol. Vol. 64, 438-55o, 1969.

LEHMANN, B.: Schichtgebundene Sn-Lagerstätten in der Cordillera Real/ Bolivien. Berl. Geowiss. Abh. (A), 14, 135 S., Berlin 1979.

LEITCH, H.B.C.: Mineralogy and Textures of the Lahanos and Kızılkaya Massive Sulphide Deposits, Northeastern Turkey, and their Similarity to Kuroko Ores. Min. Dep. 16, 241-257, 1981.

LEUTWEIN, F.: Selen (34). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1974 (1978).

LINN, T.A. & SCHMITT, R.A.: Indium (49). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1974 (1978).

LOVE, G.L. & AMSTUTZ, G.C.: Framboidal pyrite in two andesites. N.Jb. Miner. Mh., H. 3, 97-1o8, 1969.

LUCK, J.: Untersuchungen zur Spurenelementanalyse an Carbonaten und Fluoriten mittels Funkenquellenmassenspektrometrie. Dissertation Technische Universität Berlin, 74 S., 1974.

LUCK, J., MÖLLER, P. & SZACKI, W.: Application of spark source mass spectrometry to geological analysis. Proc.Interan.S.9o(abstr.only)Prag1976/9o.

MADO, H.: Kuzeydoğu Türkiye'de bulunan Murgul Madenindeki Bakır Cevheri Yataklarının Jeolojisi ve Mineralizasyonu. Unpubl. MTA Bericht, Nr. 11o3, 1-27, Ankara 1972.

MAHOOD, G. & HILDRETH, W.: Large partition coefficients for trace elements in high-silica rhyolites. Geochim. et. Cosmochim. Acta, Vol. 47, 11-3o, Pergamon Press Ltd./USA 1983.

MANGOLD, M.: Zum Problem der Quecksilberführung in den unterkambrischen komplexen Kieserzen des Iglesiente, SW-Dardinien. Unpubl. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin, 79 S., 1983.

MANHEIM, F.T.: Molibden (42). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1974 (1978).

MASUDA, Y. et al. 1975: Rare earth and trace elements in the Quaternary volcanic rocks of Hokkaido, Japan. Chem. Geol. 15, 251-271, 1975.

MAUCHER, A.: Die Kieserze von Keltaş. Ein Beispiel submariner Gleitfaden in exhalativ-sedimentären Erzlagerstätten. Neues Jahr f. Min. Abh. Bd. 94 (Ramdohr-Festband), 495-5o5, Stuttgart 196o.

MAUCHER, A., SCHULTZE-WESTRUM, H.-H. & ZANKL, H.: Geologisch-Lagerstättenkundliche Untersuchungen im Ostpontischen Gebirge. Bayr. Akad. d. wiss. Math. nat. Kl. Abh. N.F. 1o9, 1-91, München 1962.

MAUCHER, A. & HÖLL, R.: Die Bedeutung geochemisch-stratigraphischer Bezugshorizonte für die Altersstellung der Antimonitlagerstätte von Schlainig im Burgenland, Österreich, Min. Dep. (Berl.) 3, 272-285 (1968).

MITCHELL, A.H.G. & GARSON, M.S.: Relationship of porphyr copper and circumpasific tin deposits to Palaeo-Benioff zones. Inst. Min. Metall., 81, 119-134, 1972.

MITCHELL, A.H. & GARSON, M.S.: Mineralization of Plate Boundaires. Minerals Sci., Vol. 8, 2, 129-169, 1976.

MÖLLER, P., PAREKH, P.P. & SCHNEIDER, H.-J.: The Application of Tb/Ca - Tb/La Abundance Rations to Problems of Fluorspar Genesis. Min. Dep., 11, 111-116, 1976.

MÖLLER, P.: Ermittlung geochemischer Indikatoren für die Genese von Lagerstätten mittels Neutronenaktivierungsspektrometrie. Sonderdruck aus der Fachzeitschrift "Atomkernenergie/Kerntechnik", 34, 4, 291-293, 1979.

MÖLLER, P. & MORTEANI, G.: Spurenelemente als Hilfsmittel für die Lagerstättenforschung. Sonderdruck aus Fachberichten Rohstoff-Engineering, Aufbereitung, Veredlung, Baustoff-Verfahrenstechnik, 4/1979.

MÖLLER, P. et al.: Anwendung nuklearer Analysenmethoden zur Erarbeitung von geochemischen Kerngrößen für die Exploration von Lagerstätten. Abschlußbericht zum Gemeinschaftsprojekt Nr. 3o3-7291-NTS, 87 S., Berlin-Wannsee 1979.

MÖLLER, P., DULSKI, P. & SCHNEIDER, H.-J.: Interpretation of Ga und Ge content in Sphalerite, form the Triassic Pb-Zn Deposits of the Alps, in: SCHNEIDER, H.-J. (Ed.): Mineral deposits of the alps and of the alpine epoch in Europe (Springer Verl.), 213-222, Berlin/Heidelberg/ New York/Tokyo 1983.

MÖLLER, P. et al.: Geochemical 'Proximity' indicators for strata-bound non-ferrous massive sulphide deposits. Abschlußbericht zum Gemeinschaftsprojekt (EG) Nr. 117-8o MPP D, 75 S., Berlin-Wannsee 1983.

MÖLLER, P. & MUECKE, G.K.: Significance of Europium anomalies in Silicate melts and crystal-melt equilibria: a re-evaluation. Contr. Min. Petr., 87, 242-25o, 1984.

MOORE, W.J., MCKEE, H.E. & AKINCI, Ö.: Chemistry and Chronology of Plutonic Rocks in the Pontid Mountains, Norther Turkey. European Copper Deposits, 2o9-216, Belgrade 198o.

MTA ENST.: Pyrites and Sulphur Deposits of Turkey. MTA Veröff., Nr. 123,13 S., Ankara 1965.

MTA ENST.: Lead, Copper and Zinc Deposits of Turkey. MTA Veröff., Nr. 133,118 S., Ankara 1972.

NEBERT, K.: Das anatolische Orogen vom Standpunkt der Undationstheorie. MTA Bull. 56, 17-25, Ankara 1961.

ÖZGÜR, N.: Emirli Antimonit Yatağı ve Çevresinin Jeolojik Etüdü/Küçük Menderes Grabenzonu güney kesimi. Unveröff. Dipl.-Arbeit, 61 S., Ägäische Universität/Izmir, 1977.

ÖZKAYA, I.: Ergani-Maden Yöresi Stratigrafisi. Bull. Geol. Soc. Türk., Bd. 21, H. 2, 129-139, 1978.

ÖZTUNALI, Ö., Maden Yatakları, oluşumları ve değerlendirmeleri. Lehrbuch,311 S., 1973.

ONISHI, H.: Arsen (33). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/3, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1978.

OSSWALD, F.: Armenien - Handbuch der regionalen Geologie, H. 1o, Vol. 3,1-4o, Heidelberg 1912.

OVALIOĞLU, R.: Türkiye Bakır-kurşun-çinko madenleri ve bunların arama-değerlendirme Problemleri. I. Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik Kongresi. Maden Müh. Yayinl., 1o1-117, Ankara 197o.

PAREKH, P.P., MÖLLER, P. & DULSKI, P.: Distribution of trace elements between carbonate and non-carbonate phases of Limestone. Earth and Planetary science Letters, 34, 39-5o, Amsterdam 1977.

PEJATOVIC, S.: Doğu Karadeniz-Küçük Kafkasya bölgesindeki metalojenik zonlar ve bunların metallojenik özellikleri. MTA Bull., 77, 1o-22, Ankara 1971.

PETRASCHECK, W.E. & POHL, W.: Lagerstättenlehre. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Naegele & Obermiller), 341 S., Stuttgart 1982.

POLLAK, A.: Über die geologische Stellung der Ostpontischen Erzprovinz und die Metallogenese ihrer Lagerstätten. Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 4, 78-88, 196o.

POLLAK, A.: Die Lagerstätte Lahanos im Vilayet Giresun an der Türkischen Schwarzmeerküste. MTA Bull. 56, 26-4o, Ankara 1961.

POLLAK, A.: Kupfererzlagerstätten in der Türkei, Schriften der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., H. 18, 88-97, Clausthal-Zellerfeld 1966.

POLLAK, A.: Die nordanatolische Erzprovinz. MTA Bull. 7o, 92-1oo, Ankara 1968.

POPOVIC, R.: Doğu Pontidler'deki demirsiz metallerin zonal dağılımı ile yapısal ve jenetik özellikleri. MTA Bull. 85, 1-16, Ankara 1975.

POPOVIC, R.: Some metallogenetic charakteristics of the Murgul area (Turkey), Geocome. I. MTA Veröff., 367-378, Ankara 1979.

POTTER, R.W.: Pressure corrections for fluid-inclusion homogenization temperatures based on the volumetric properties of the system $NaCl-H_2O$. Jour. Research U.S. Geol. Survay, Vol. 5,5, 6o3-6o7, 1977.

PROKOP, W. & SCHIEBEL, W.: Über eine neue Blei-Zink-Erzlagerstätte in der Provinz Trabzon am Schwarzen Meer, Türkei. Erzmetall, Bd. 25, H. 7, 317-374, 1972.

PUCHELT, H.: Barium (56). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1972 (1978).

RAMDOHR, P. & STRUNZ, H.: Klockmann's Lehrbuch der Mineralogie. Ferdinand Enke Verl., 876 S., Stuttgart 1978.

RAMDOHR, P.: Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen. Akad. Verl., 1277 S., Berl. 1975.

RICKARD, D.: Limiting Conditions for Synsedimentary Sulphide Ore Formation. Econ. Geol., Vol. 68, 6o5-617, 1973.

RITTMANN, A.: Vulkane und ihre Tätigkeit. Ferdinand Enke Verl., 399 S., Stuttgart 1981.

ROBERTS, F.I.: Trace element chemistry of Pyrite: A useful guide to the occurence of sulphide base metal mineralization. Journal of Geochem. Exp. 17, 49-62, 1982.

ROEDDER, E.: Fluid Inclusions as Sample of One Fluids. In: BARNES, H.L. (Ed.): Geochemistry of hydrothermal ore deposits.-2nd Ed.,S.685,New York 1979.

ROEDDER, E.: Fluid-Inclusion Evidence on the Genesis of Ores in Sedimentary and Volcanic Rocks. Handbook of stratabound and stratiform ore deposits, 67-11o, Elsevier, Amsterdam 1976.

ROEDDER, E.: Fluid Inclusions as Tools in Mineral Exploration. Econ. Geol. Vol. 72, 5o3-525, 1977.

RÖSLER, H.J. & LANGE, H.: Geochemische Tabellen. VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 674 S., Leipzig 1975.

ROMBERG, H.: Murgul Bakır Işletmesi Ana Cevherinin Güneyinde Polarizasyon Spontane ile ölçülerek Araştırılan mıntıkaya ait jeolojik haritanın izahı. Unpubl. Etibank-Bericht, Nr. 9, 1-7, 196o.

ROUTHIER, P.: Beiträge zu Problemen der Zeit- und Schichtgebundenen Lagerstättenbildung. Sonderdruck aus der Schriftenreihe der GDMB Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., H. 33, Clausthal-Zellerfeld 1979.

SAĞIROĞLU, G.N. & ÇOĞULU, H.E.: Polarizan Mikroskopta Minerallerin Tayini. ITÜ Veröff., Nr. 371, 448 S., Istanbul 1972.

SATO, T.: Distribution and Geological Setting of the Kuroko Deposits. Min. Geol. Special issue, 6, 1-9, 1974.

SAWA, T. & SAWAMURA, K.: Murgul Madeni ve Civarındaki Bakır yatakları hakkında Rapor. Unpubl. Etibank-Bericht Nr. 24/3oo, 1-24, 197o.

SAWKINS, F.J.: Metal Deposits in Relation to Plate Tektonics. 325 S., Springer-Verl., Berlin/Heidelberg, New York/Tokyo 1984.

SCHERMERHORN, L.J.G.: The Deposition of Volcanics and Pyritite in the Iberian Pyrite Belt. Min. Dep., 5, 273-279, 197o.

SCHMID, R.: Descriptive Nomenclature and Classification of Pyroclastic Deposits and Fragments. Geol. Rdsch. Bd. 7o, H. 2, 794-799, 1972.

SCHMIDT, W.F.: Europäische und asiatische Kupferlagerstätten. Schriften der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., H. 18, 75-88, Clausthal-Zellerfeld 1966.

SCHNEIDER, H.-J., Schichtgebundene NE-Metall- und F-Ba-Lagerstätten im Sarrabus-Gerrei-Gebiet, SE-Sardinien (Bericht zur Lagerstättenkunde und Geologie), N. Jb. Miner, Mh, 12, 529-541, 1972.

SCHNEIDER, H.-J.: Die schichtgebundenen Blei-Zink-Lagerstätten im karbonatischen Nebengestein. Moderne Forschungsergebnisse zur Genese und ihre Bedeutung für die Bergwirtschaft. Vorträge der Diskussionstagung des Lagerstättenausschusses, 1-3, 1973.

SCHNEIDER, H.-J.: Geochemische Prozesse der Lagerstättenbildung in Sedimenten. Sonderdruck aus Geochem. d. Lagerstättenbildung u. Prospektion. H. 28 der Schriften der GDMB, 119-131, 1975.

SCHNEIDER, H.J., MÖLLER, P. & PAREKH, P.P.: Rare Earth Elements Distribution in Fluorites and Carbonate Sediments of the East-Alpine Mid-Triassic Sequences in the Nördliche Kalkalpen. Min. Dep. 1o, 33o-344, 1975.

SCHNEIDER, H.-J. et al.: Fluorine Contens in Carbonate Sequences and Rare Earth Distribution in Fluorites of Pb-Zn Deposits in E-Alpine Mid-Triassic. Min. Dep. 12, 22-36, 1977.

SCHNEIDERHÖHN, H.: Die Kupferlagerstätte Murgul im Schwarzmeer-Küsten-Gebiet, Provinz Çoruh, NO-Türkei. Erzmetall, Bd. 8, H. 1o, 468-478, Stuttgart 1955.

SCHÜTZ, W.: Magmatismus und Metallogenese im zentralen Teil des SW-iberischen Pyritgürtels, Prov. Huelva, Spanien. Dissertation (in Vorber.), Freie Universität Berlin, 1985.

SCHROLL, E.: Analytische Geochemie I (292 S.), II (374 S.). Stuttgart (Ferdinand Enke Verl.) 1975 (1976).

SCHULTZE-WESTRUM, H.H.: Das geologische Profil des Aksudere bei Giresun. Ein Beitrag zur Geologie und Lagerstättenkunde der Ostpontischen Erz- und Mineralprovinz, NE-Anatolien. MTA Bull. 57, 65-74, Ankara 1961.

SECCOMBE, P.K.: Sulphur Isotope and Trace Metal Composition of Stratiform Sulphides As an Ore Guide in the Canadian Shield. Journal of Geochem. Expl., 8, 117-137, 1977.

ŞENGÖR, A.M.C., YILMAZ, Y & KETIN, I.: Remnaut of a pre-late Jurassic ocean on northern Turkey: Fragments of Permian-Triassic Paleo-Tethys ? Geol. Soc. of America Bull. Part 1, Vol. 91, 599-6o9, 198o.

SHIRAKI, K.: Chrom (24). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol.II - 3, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.) 1972 (1978).

SILLITOE, R.H.: A Plate Tectonic Model for the Origin of Porphyr Copper Deposits. Econ. Geol. 67, 184-197, 1972.

SILLITOE, R.H.: Enviroments of Formation of Volcanogenic Massive Sulphide Deposits. Econ. Geol., Vol. 68, 1321-1336, 1973.

SINCLAIR, A.J.: Applications of probability Graphs (in Mineral Exploration), Spec. Vol. 4, 1-95, 1976.

SOLOMON, M. & WALSHE, O.L.: The Formation of Massive Sulphide Deposits on the Sea Floor. Econ. Geol., Vol. 74, 797-813, 1979.

SOMMERLATTE, H.W.A.: Die Kupferlagerstätten der Welt, ihre Genese und wirtschaftliche Bedeutung. Schriften der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., H. 18, 147-15o, Clausthal-Zellerfeld 1966.

SPIEGEL, M.R.: Statistics. Schaum's Outline Series, McGraw-Hill Book Company, 359 S., New York 1972.

SPITZ, G. & DARLING, R.: Major and minor element lithogeochemical anomalies surrounding the Lovvem copper deposit, Val d'or, Quebec. Can. J. Earth Sci. 15, 1161-1169, 1978.

STERN, I.J.: Bericht über geologische Arbeiten der jugoslawischen Geologengruppe im Gebiet Murgul-Akarşen-Başköy (Türkei). Unpubl. MTA-Bericht Nr. 1331, 1-143, Ankara 1971.

TANER, M.F. & ZANINETTI, L.: Etude Paléontologique dans le Crétacé colcano - sédimentaire de Güneyce (Pontides orientales, Turquie). Riv. Ital. Paleont. Vol. 84, Nr. 1, 187-198, Milano 1978.

TATSUMI, T. & WATANABE, T.: Geological Enviroment of Formation of the Kuroko-type Deposits, IMA-IAGOD Meet's 7o, Vol. 3, 216-22o, Tokyo 197o.

TAYLOR, G.R. & GORTON, M.P.: Geochemical application of Cource mass spectrography-III. Element sensivity, Precision and accuracy. Geochim. et. Cosmochim. Acta, Vol. 41, 1375-138o, 1977.

TAYLOR, G.R.: A Mechanism for Framboid Formation as Illustrated by a Volcanic Exhalative Sediment. Min. Dep., 17, 23-26, 1982.

TAYLOR, R.P. & FRYER, B.J.: Multiple-stage hydrothermal alteration in porphyry copper systems in northern Turkey: the temporal interplay of potassic, propylitic, and phyllic fluids. Can. J. Earth Sci., 17, 9o1-926, 198o.

TISTL, M.: Zur Geochemie und Genese der Zinkblende im Sarrabus-Gerrei/SE-Sardinien. Unpubl. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin,48 S.,1981.

TKI: Turkey-Energy the Key. Mining Journal, Vol. 291, No. 7479, 481-482, 1978.

TOLLMANN, A.: Plattentektonische Fragen in den Ostalpen und der Plattentektonische Magmatismus des mediterranen Orogens. Mitt. Österr. Geol. Ges. 69, 291-351, Wien 1976.

TONO, N.: Minor Element Distribution around Kuroko Deposits.Mining Geology Special Issue, No. 6, 399-42o, 1974.

TONTO, N.: Minor Element Distribution around Kuroko Deposits of Northern Akita, Japan. Mining Geol. Spec. Issue, 6, 399-42o, 1974.

TRÖGER, W.E.: Optische Bestimmung der Gesteinsbildenden Minerale (Teil 2), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart 1967.

TUĞAL, H.T. & PHILLIPS, R.: Pyrite sulphide deposits, eastern black sea area, Turkey. IMA-IAGOD Meet's 71,Vol. 3,S.3o1 (abstract only), Tokyo 1971.

TUĞAL, H.T.: Pyrite sulphide deposits of the Lahanos mine area. Eastern Black Sea Region. Turkey. Dissertation, Durham-University,182 S.,Engl.1969.

TUREKIAN, K.K. & WEDEPOHL, K.H.: Verteilung der chemischen Elemente in einigen Haupteinheiten der Erdkruste. Zeitschrift für angew. Geol.,515-516, 1961.

TUREKIAN, K.K.: Nickel (28). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. III/3, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1974 (1978).

TURNER, J.S. & GUSTAFSON, L.B.: The Flow of Hot Saline Solutions from Vents in the Sea Floor - Some Implications for Exhalative Massive Sulphide and Other Ore Deposits. Econ. Geol. Vol. 73, 1o82-11oo, 1978.

USDOWSKI, H.E.: Kalzium (2o). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/2, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 197o (1978).

UZKUT, I.: Maden Yatakları Oluşumunun Jeolojik Evrimi ve Pratik Önemi. MTA Veröff., Nr. 167, 1-12o, Ankara 1977.

VINCENT, E.A.: Silber (47). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1969 (1978).

VOLZ, E.: Zu einigen Nebengesteinsprofilen der Pb-Zn Lagerstätten Raibl und Meziça sowie Tuff-Serie im Val d'Aupa. Unpubl. Diplomarbeit, Freie Universität Berlin, 78 S., 1979.

VUJANOVIC, V.: Doğu Karadeniz Bölgesi Kıyı kesiminde bulunan Sülfid yataklarının mineraloji, parajenez ve köken özellikleri. MTA Bull. 82, 21-36, Ankara 1974.

WAKITA, H. & SCHMITT, R.A.: Cadmium (48). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/4, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1972 (1978).

WALLACE, R.G., ALBERS, J.P. & ÖNER, Ö.: Massive Sulphide Deposits of the Ergani Maden Area Southeastern Turkey. Econ. Geol. and. Bull. of the Soc. of. Econ. Geologists, Vol. 67, 6, 7o1-716, 1972.

WEDEPOHL, K.H.: Voraussetzungen und Bedingungen der Kupfererzlagerstättenbildung. Schriften der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., H. 18, 1-3, Clausthal-Zellerfeld 1966.

WEDEPOHL, K.H.: Zink (3o). in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. III/3, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1969 (1978).

WEDEPOHL, K.H.: Blei (82). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. II/5, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 197o (1978).

WEDEPOHL, K.H.: Mangan (25). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. III/3, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1972 (1978).

WEDEPOHL, K.H.: Kupfer (29). - in: WEDEPOHL, K.H. (Ed.): Handbook of Geochemistry, Vol. III/3, Berlin/Heidelberg/New York (Springer Verl.), 1972 (1978).

WHITEHEAD, R.E.: Environment of Stratiform Sulphide Deposition; Variation in Mn:Fe Ratio in Host Rocks at Heath Steele Mine, New Brunswick, Canada. Min. Dep., 8, 148-16o, 1973.

ZANKL, H.: Magmatismus und Bauplan des Ostpontischen Gebirges im Querprofil des Harşit-Tales, NE-Anatolien, Geol. Rdsch., Bd. 51, H. 2, 218-24o, 1962.

ZIMMER, E.: Zur Geochemie des Fluors im oberen Wettersteinkalk (alpine Mitteltrias) der Ostalpen. Unveröff. Dipl.-Arbeit, 78 S., FU Berlin, 1976.

lfd.Nr.	Probe-bez.	Petro-graphie	x	y	F	Na%	K%	Ca%	Sc	Ti	Cr	Mn	Fe%	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Ag	Cd	Sb
001	A1/80	03	465175	4569115	741					850	10	50		50	5	30	25			0,5	0,5	5
002	A2/80	03	465215	456921o	655					900	5	100		10	5	90	270			0,5	1	5
003	A3/80	03	465265	456928o	545					3650	20	550		80	15	45	85			0,5	0,5	5
004	A4/80	03	46522o	4569o9o	555					550	5	50		50	10	2600	200			3,5	1	5
005	A5/80	03	465265	4568985	858					700	5	100		60	5	75	200			2,5	0,5	5
006	A6/80	03	46519o	4568985	1035					650	5	50		15	5	55	135			3	0,5	5
007	A7/80	03	465o2o	4568895	486					1300	5	100		30	5	90	550			1	1	5
008	A8/80	04	465o2o	456837o	175					2650	5	400		20	5	70	305			1	0,5	5
009	A9/80	03	464395	45669o5	265					650	5	100		45	5	310	380			6	1	20
010	A10/80	04	465o1o	4568275	205					2000	5	100		30	10	55	220			0,5	0,5	5
011	A11/80	04	46498o	4568155	255					2450	5	1150		40	15	10	135			1,5	0,5	5
012	A12/80	04	4649o5	4568o65	260					2100	5	550		35	10	10	60			0,5	0,5	5
013	A13/80	04	464855	45681oo	285					2000	5	600		25	5	15	75			1	0,5	5
014	AC1	03	464515	4567485	486					550	5	50		235	5	300	35			2	1	5
015	AC2	03	464555	4567500	58						5	50		295	5	11000	25			1,5	0,5	5
016	AC3	03	4646o5	456753o	665					650	5	100		170	10	305	40			2	1	5
017	AC4	03	46464o	4567555	55					125	5	50		420	5	160	10			1,5	1	5
018	AC5	03	464675	456759o	625					800	5	110		160	5	320	10			2	0,5	5
019	AC6	03	4647oo	4567600	1965							50		55	10	495o	20			1,5	0,5	5
020	AC8	03	464725	4567625	1690					200	5	100		175	5	675o	170			2,5	1	10
021	AC1o	04	464755	456772o	365					500	5	100		265	5	105	15			1,5	0,5	5
022	AC11	04	46477o	456777o	170					350	5	1075		100	5	25	90			0,5	0,5	5
023	AC51	03	464715	456796o	85					500	5	35		130	10	3700	20			0,5	1	5
024	AC53	03	46465o	4567695	335					300	5	50		260	5	13000	125			2,5	1	5
025	AC64	03	464675	456775o	1650					100	5	50		280	5	80	20			1,5	0,5	10
026	AC65	03	46465o	4567725	140					150	5	100		355	5	10000	370			2,5	1	10
027	AC66	03	46463o	4567715	460					700	5	100		265	10	70	35			2	0,5	5
028	AC67	03	464615	456767o	631					1000	10	120		55	15	60	25			0,5	1	5
029	AC68	03	464585	4567645	933					300	15	50		155	5	175	175			1,5	0,5	5
030	AD1	03	4653oo	4568560	166					2300	5	400		50	5	5	45			1	0,5	5
031	AD2	03	46529o	456854o	416					2600	5	370		85	10	80	155			1	1	5
032	AD7	03	4652oo	456855o	1810					400	5	355		185	5	355	1800			1,5	7	10
033	AD1o	03	465o9o	456856o	1030					500	5	90		55	5	90	160			1	1	5
034	AD12	03	465oo5	45686oo	343					250	5	300		195	50	2300	260			2,5	1	10
035	AD13	03	464985	456860	316					350	5	100		165	10	465	2100			3,5	18	10
036	AD17	03	464835	4568615	2515					700	5	60		240	5	385	240			2	1	5
037	AD19	03	46477o	4568595	1370					1250	5	75		30	5	110	20			1	0,5	5
038	AD2o	03	46475o	4568565	1235					1400	5	210		15	5	15	35			1	1	5
039	B1	03	464885	456844o	433	0,03		0,98	0,68 4	600	2	56	1,91	58	10	380	20	9	21	0,5	0,5	2
040	B2	04	46496o	456841o	124	2,00		3,00	0,90 16	2250	2	50	3,04	32	5	70	90	4	76	0,5	0,5	1
041	B5	04	46516o	4568375	245	3,00		1,50	2,10 16	2000	4	720	2,82	31	5	16	40	1	40	0,5	1	1
042	B6	04	46528o	4568335	245	1,96		2,10	1,70 18	2400	5	270	3,43	33	20	10	100	1	57	0,5	1	2
043	C4	03	4652oo	45685oo	1980					500	6	100		165	40	400	125			3,5	0,5	15
044	C5	03	46521o	456858o	770	0,17		2,90	1,00 7	1100	2	566	2,54	13	5	6	120	1	65	0,5	8	1
045	C8	03	46517o	45686oo	438					250		100		170		210	460			3	2	5
046	D1	03	46519o	4569o2o	230	0,02		0,82	0,62 3	700	3	50	0,38	87	4	86	40	73	26	0,5	1	6
047	D4	03	46511o	4568985	536	0,04		2,00	0,68 7	1400	10	40	1,41	68	10	120	55	20	42	0,5	0,5	1
048	D5	03	464955	4568950	411	0,04		0,20	0,54 8	1250	3	150	0,10	16	5	10	50	1	18	0,5	0,5	1
049	D6	05	46497o	456927o	218	1,38		0,65	5,60 32	4250	28	975	0,55	26	40	15	130	1	20	0,5	0,5	1
050	D7	05	465o3o	4569375	179	2,97		0,84	6,50 27	3900	22	1530	5,15	21	35	10	110	1	12	0,5	2,0	1
051	D8	04	46458o	4568975	255	3,26		1,00	1,90 17		4	660	2,81	21	10	12	202	1	17	0,5	0,5	1
052	D9	04	464565	456896o	246	3,80		1,64	2,40 15	2000	2	470	2,58	35	5	5	66	1	34	0,5	2,0	1
053	D1o	05	46454o	4568935	435	3,30		1,42	3,60 39	5000	34	1600	6,70	33	10	55	165	1	42	0,5	1,0	1
054	D11	05	46451o	45689o5	336	1,68		0,88	5,50 39	4500	35	1480	7,25	36	20	75	110	1	38	0,5	0,5	1
055	D12	04	46462o	45689oo	168	1,80		1,28	2,00 15	750	3	465	2,80	20	10	30	80	1	30	0,5	1,0	1
056	D13	03	464865	4569o75	433	0,06		0,44	0,96 18	1500	6	205	2,70	12	10	10	23	1	36	0,5	2,0	1
057	D18	03	465125	456865o	425					500	5	40		115	20	4500	150			4	0,5	1
058	D22	03	46515o	4568675	573					800	5	50			10	1650	275			4	2,0	1
059	D24	03	465o5o	4568475	1100					1100	5	50			10	185	250			2	1,0	1
060	D28	03	465125	45685oo	965					650	8	50			5	60	95			4	0,5	1
061	E1	03	464675	4567965	179	1,10		2,20	0,16 2	500	4	50	1,76	5	5	190	45	4	10	0,5	0,5	7
062	E2	03	46466o	456794o		1,56		3,60	0,22 4		4		4,05	21	9			2	21	0,5		2
063	E3	03	464645	4567885		1,76		3,40	0,22 4		3		0,36	1	10			2	16	0,5		7
064	E4	03	46461o	456783o	226	1,66		3,60	0,15 2	500	9	50	0,73	3	10	275	155	3	10	0,5	0,5	11
065	E5	03	464575	456778o	134	1,42		3,40	0,14 1	500	4	100	0,10	1	6	30	40	1	5	0,5	1,0	2
066	E6	03	46448o	456755o	163	2,20		5,00	0,17 8	1150	2	10	0,17	1	5	5	10	1	37	0,5	0,5	1
067	E7	03	464515	4567575		1,68		2,80	0,15 1		2		2,50	8	9			1	8	0,5		1
068	E16	03	464735	456782o	1280	3,00		6,20	0,65 9	800	1	950	1,50	2	5	10	80	1	37	0,5	1,0	1
069	E17	03	46475o	456786o	744			6,80	0,38 25	550	6	50	9,00	16	10	155	135	1	144	0,5	0,5	1
070	E18	03	46475o	456794o	30	1,72		3,40	0,28 1	500	8	40	0,86	2	5	225	35	1	5	0,5	0,5	7
071	E2o	04	464825	456792o	274			3,80	2,50 17	2600	4	950	3,54	10	5	40	55	1	62	0,5	0,5	1
072	E21	04	46484o	456786o	252			5,20	1,80 19	2500	4	655	3,03	8	5	5	55	1	29	0,5	0,5	1
073	E22	04	464875	45678oo	198			5,20	0,51 17	2600	5	655	3,13	11	5	5	80	1	64	0,5	0,5	1
074	E23	04	464875	4567765	193			4,80	2,90 18	2500	5	325	2,54	8	5	5	20	1	64	0,5	0,5	1
075	E24	04	46486o	456774o	245			5,80	0,22 14	500	5	375	2,18	1	8	15	90	1	22	0,5	0,5	1
076	E25	04	464825	4567675	783			7,00	0,31 8	1250	3	600	0,77	2	5	10	15	1		0,5	1,0	1
077	E26	03	4648oo	4567625	413			4,40	0,19 5	550	6	50	1,90	7	10	7250	40	1	30	0,5	0,5	1
078	E27	04	46475o	456739o	295			7,80	2,60 17	2400	4	500	2,30	6	5	30	40	1	37	0,5	0,5	1
079	E28	04	464825	456748o	259			9,20	1,90 41	2350	8	385	7,83	33	5	15	45	1	24	0,5	0,5	1
080	E29	04	464975	456762o	203			8,40	2,90 16	2250	5	485	2,82	8	5	10	55	1	94	0,5	0,5	1

lfd.Nr.	Probe-bez.	Petro-graphie	x	y	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Au	Pb	Th
001	A1/80	03	465175	4569115											5	
002	A2/80	03	465215	456921o											25	
003	A3/80	03	465265	456928o											1o	
004	A4/80	03	46522o	4569o9o											1o	
005	A5/80	03	465265	4568985											15	
006	A6/80	03	46519o	4568985											2o	
007	A7/80	03	465o2o	4568895											9o	
008	A8/80	04	465o2o	456837o											1o	
009	A9/80	03	464395	45669o5											5o	
010	A1o/80	04	465o1o	4568275											1o	
011	A11/80	04	46498o	4568155											1o	
012	A12/80	04	4649o5	4568o65											5	
013	A13/80	04	464855	4568loo											5	
014	AC1	03	464525	4567485											3o	
015	AC2	03	464555	4567ooo											5	
016	AC3	03	4646o5	456753o											25	
017	AC4	03	46464o	4567555											5	
018	AC5	03	464675	456759o											5	
019	AC6	03	4647oo	4567ooo											1o	
02o	AC8	03	464725	4567625											15	
021	AC1o	04	464755	456772o											5	
022	AC11	04	46477o	456777o											2o	
023	AC51	03	464715	456796o											1o	
024	AC53	03	46465o	4567695											2o	
025	AC64	03	464675	456775o											2o	
026	AC65	03	46465o	4567725											35	
027	AC66	03	46463o	4567715											15	
028	AC67	03	464615	456767o											15	
029	AC68	03	464585	4567645											5	
03o	AD1	03	4653oo	4568560											5	
031	AD2	03	46529o	456854o											5	
032	AD7	03	4652oo	4568550											6o	
033	AD1o	03	465o9o	4568560											1o	
034	AD12	03	465oo5	45686oo											4o	
035	AD13	03	464985	45686o5											1o	
036	AD17	03	464835	4568615											85	
037	AD19	03	46477o	4568595											5	
038	AD2o	03	46475o	4568565											5	
039	B1	03	464885	456844o	0,5	191	6	9	1,2	0,3	0,5	1	0,2	0,001	1o	2
04o	B2	04	46496o	456841o	2,3	113	14	22	3,1	0,8	0,1	2	0,1	0,002	2o	4
041	B5	04	46516o	4568375	1,o	373	16	27	3,7	0,9	0,7	3	0,5	0,003	7	3
042	B6	04	46528o	4568335	1,8	32o	9	18	3,2	0,9	0,6	3	0,1	0,002	2o	4
043	C4	03	4652oo	4568500											25	
044	C5	03	46521o	456858o	0,9	548	19	29	1,8	0,5	0,6	2	0,4	0,002	4	7
045	C8	03	46517o	4568600											325	
046	D1	03	46519o	4569o2o	0,6	614	5	8	1,1	0,3	0,5	1	0,2	0,002	4o	2
047	D4	03	46511o	4568985	0,7	574	1o	17	1,9	0,5	0,3	2	0,1	0,002	13o	3
048	D5	03	464955	4568950	0,5	2oo	1o	18	2,2	0,5	0,4	2	0,4	0,003	35	3
049	D6	05	46497o	456927o	1,o	46o	7	14	3,2	0,9	0,7	2	0,3	0,02	18	2
05o	D7	05	465o3o	4569375	0,8	27o	11	18	3,1	1,1	0,5	2	0,3	0,002	15	2
051	D8	04	464580	4568975	0,7	36o	17	33	4,7	1,1	0,9	3,3	0,5	0,003	7	4,1
052	D9	04	464565	456896o	0,8	38o	19	32	4,6	2,o	0,9	3,o	0,5	0,003	8	3,9
053	D1o	05	46454o	4568935	1,1	37o	1o	17	3,o	0,8	0,9	2,1	0,4	0,003	13	2,9
054	D11	05	46451o	45689o5	1,4	46o	11	21	3,4	1,o	1,1	2,2	0,3	0,002	2o	2,9
055	D12	04	46462o	45689oo	0,7	34o	18	36	4,9	1,o	0,7	3,2	0,5	0,002	25	3,9
056	D13	03	464865	4569o75	0,9	55o	17,4	35,o	5,5	1,3	1,5	5,3	0,8	0,004	23	4,o
057	D18	03	465125	456865o											65	
058	D22	03	46515o	4568675											4o	
059	D24	03	465o5o	4568475											15	
06o	D28	03	465125	45685oo											65	
061	E1	03	464675	4557965	0,1	98	5,2	8,o	o,9	0,2	0,1	0,1	0,6	0,08	2o	o,9
062	E2	03	464660	456794o	0,5	172	13,o	2o,9	2,1	0,4	0,2	1,1	0,2	0,03		1,6
063	E3	03	464645	4567885	0,3	19o	11,6	19,3	1,7	0,4	0,2	1,5	0,3	0,07		2,5
064	E4	03	46461o	456783o	0,3	178	6,5	1o,6	o,9	0,2	0,1	0,8	0,2	0,06	15	1,5
065	E5	03	464575	456778o	0,2	145	5,2	8,7	o,9	0,2	0,1	0,7	0,1	0,03	1o	o,9
066	E6	03	46448o	4567550	0,4	363	14,2	25,2	2,7	0,5	0,1	2,1	0,4		3	3,2
067	E7	03	464515	4567575	0,3	76	2,4	3,7	o,3	0,1	0,2	0,2	0,1	0,02		0,3
068	E16	03	464735	456782o	0,6	9oo	12,o	2o,o	o,1	0,5	0,1	2,5	0,5		5	9,o
069	E17	03	46475o	456786o	0,7	531	3,o	1o,3	3,3	0,9	1,6	8,o	1,6	0,01	5	6,3
07o	E18	03	46475o	456794o	0,2	71	0,7	0,8	o,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,08	23	0,1
071	E2o	04	464825	456792o	1,5	356	16,6	32,o	4,7	1,1	0,8	2,9	0,5	0,01	5	3,6
072	E21	04	464840	456786o	1,2	325	15,6	29,5	4,4	1,o	0,7	3,o	0,5	0,01	5	3,4
073	E22	04	464875	4567800	2,o	335	15,3	32,5	4,7	1,1	0,9	2,8	0,5	0,01	1o	3,6
074	E23	04	464875	4567765	1,8	2o6	16,3	31,5	4,3	1,o	0,8	2,6	0,5		2o	3,2
075	E24	04	46486o	456774o	o,1	227	13,5	27,2	4,8	1,1	1,1	3,7	0,6		5	3,o
076	E25	04	464825	4567675	o,6	52o	19,o	32,5	2,1	0,5	0,4	2,5	0,5		15	1o,o
077	E26	03	4648oo	4657625	4,5	28o	6,9	9,7	1,3	0,4	0,3	1,2	0,2	0,02	1o	1,7
078	E27	04	46475o	456739o	1,2	296	18,3	36,7	5,4	1,1	1,o	3,4	0,6	0,01	5	3,5
079	E28	04	464825	456748o	1,4	192	7,3	12,6	1,8	0,7	0,7	0,7	0,2	0,01	5	2,2
08o	E29	04	464975	456762o	2,6	175	14,3	28,o	4,4	1,1	0,8	2,7	0,5	0,01	2	3,4

lfd.Nr.	Probe-bez.	Petro-graphie	x	y	F	Na%	K%	Ca%	Sc	Ti	Cr	Mn	Fe%	Co	Ni	Cu	Zn	As	Rb	Ag	Cd	Sb
o81	E3o	o4	464975	4567835	15o	2,63	1,86	o,79	16	21oo	3	43o	3,19	7	5	5	35	1	54	o,5	o,5	1
o82	P1	o5	189oo	4569575	198	2,36	1,22	3,5o	28	24oo	17	96o	4,38	55	15	7o	75	1	44	o,5	o,5	1
o83	P2	o5	18775	4569775	269	o,97	o,8o	3,2o	23	325o	17	725	4,65	19	15	1o	7o	1	34	o,5	o,5	1
o84	P3	o5	18ooo	4569500	449	2,1o	2,5o	1,8o	17	25oo	2o	555	2,73	55	25	1o	75	1	29	o,5	o,5	1
o85	P4	o4	167oo	4569500	319	2,27	2,2o	1,6o	14	25oo	5	385	2,57	132	5	2o	6o	1	56	o,5	o,5	1
o86	P5	o3	179oo	457o9oo	6oo																	
o87	P6	o5	1515o	4573 1oo	335	2,85	1,46	4,4o	49	7ooo	1o	12oo	9,1o	36	48	9o	95	1	64	o,5	1,o	1
o88	P7	o3	152oo	4569875	238	2,98	1,52	9,4o	4o	3ooo	7	965	4,35	17	25	35	75	1	56	o,5	3,o	1
o89	P8	o3	1515o	4569925	379	3,6o	1,58	3,1o	35	575o	23	81o	5,81	27	3o	15	1oo	1	5o	o,5	o,5	1
o9o	P9	o3	15125	457oo25	345	2,54	1,34	3,9o	28	355o	15	137o	5,56	35	25	4o	9o	1	52	o,5	3,o	1
o91	P1o	o3	15o75	457o225	286	2,22	o,63	1o,1o	33	31oo	12	48oo	8,45	35	3o	7o	125	1	5o	o,5	1,o	1
o92	P11	o3	14975	457o2oo	216	2,71	1,42	3,9o	38	375o	17	1ooo	6,48	27	1o	15	9o	1	3o	o,5	o,5	1
o93	P13	o3	14875	457o375	345	2,61	1,oo	6,4o	37	425o	17	17oo	6,27	35	1o	2o	1oo	1	4o	o,5	o,5	1
o94	P14	o5	15o5o	457o65o	153	2,3o	1,46	3,9o	32	46oo	31	79o	5,57	26	15	25	65	1	5o	o,5	o,5	1
o95	P15	o3	14675	4571ooo	229	2,28	o,95	3,9o	28	4253	8	113o	5,24	26	5	5o	7o	1	32	o,5	2,o	1
o96	P16	o3	1525o	4571325	3o3	2,5o	1,68	2,4o	13	24oo	5	55o	2,49	39	1o	1o	5o	1	44	o,5	2,o	1
o97	P17	o3	15325	4571 6oo	363		1,6o	o,76	4	225o	5	35	1,39	1o3	5	45	3o	1	58	o,5	o,5	1
o98	P18	o3	1525o	4571 6oo	3o6		o,97	o,72		1ooo	5	35	2,18	124	1o	37o	25	8	62	o,5	o,5	1
o99	P19	o4	159oo	4571 3oo	415	2,62	1,5o	o,74	16	23oo	8	14oo	3,o7	24	5	3o	5o	1	5o	o,5	o,5	1
1oo	P2o	o4	16o5o	4571o5o	35	2,11	1,7o	o,9o	2o	2ooo	5	67o	2,9o	13	5	1o	6o	1	53	o,5	o,5	1
1o1	P21	o3	1765o	4566 6oo	696		o,92	o,74	14	2ooo	1o	6oo	5,83	42	5	45	45	1	86	o,5	1,o	1
1o2	P22	o3	1765o	4566 75o	455		3,oo	o,96	21	3ooo	5	545	5,35	28	1o	15	5o	1	47	o,5	o,5	1
1o3	P23	o3	17525	4566825	288		1,6o	o,82	1o	175o	5	4o	3,46	117	5	15	5	1		o,5	o,5	1
1o4	P24	o2	17ooo	4566 85o	363		3,oo	o,88	17	29oo	5	5o	1,86	4o	15	45	15	1	58	o,5	o,5	1
1o5	P25	o2	16925	4567o25	75																	
1o6	P26	o2	16675	45672oo	775		1o,4o	1,1o	22	4ooo	5	3o	o,31	41	5	15	25	1	68	o,5	1,5	1
1o7	P27	o2	16525	4567275	633		1,5o	o,66	7	13oo	5	14o	2,4o	31	5	1o	35	6	45	o,5	o,5	1
1o8	P28	o2	16425	456725o	133o		1,36	o,9o	7	75o	5	45o	2,17	41	5	1o	1oo	1	56	o,5	1,o	1
1o9	P29	o2	16275	456725o	288		9,4o	o,68	8	15oo	5	15	3,91	28	5	25	15	12	34	o,5	o,5	1
11o	P3o	o3	1825o	4567 75o	8oo																	
111	P31	o3	18225	4567675	595		1,3o	3,oo	7	1ooo	5	4o	1,5o	72	5	25	5	1	4o	o,5	1,o	1
112	P32	o4	1825o	4567625	488	2,5o	1,9o	o,8o	18	19oo	5	8oo	2,6o	18	5	3o	6o	1	5o	o,5	o,5	1
113	P33	o3	1835o	4567 55o	153																	
114	P34		183oo	4568o5o	176	1,9o	1,4o	1,5o	29	375o	11	17oo	5,31	43	1o	15	75	1	44	o,5	o,5	1
115	P35	o5	182oo	4568 45o	335	2,1o	1,9o	1,5o	21	25oo	5	65o	3,66	26	5	7o	65	1	3o	o,5	1,o	1
116	P36	o5	1765o	4568625	25o	1,41	6,6o	2,4o	24	375o	5	92o	4,87	38	5	2o	75	1	31	o,5	o,5	1
117	P37	o5	1775o	4569 15o	258	1,71	1,oo	3,4o	33	5ooo	27	1ooo	5,85	34	5	3o	75	1	44	o,5	1,o	1
118	P38	o3	1o825	4569oo	275o																	
119	P39	o3	1o95o	457695o	488																	
12o	P4o	o3	1o85o	4577ooo	7oo																	
121	P41	o3	1oooo	457685o	95o																	
122	P42	o5	1o625	4577o5o	259	1,23	o,94	3,4o	59	5ooo	124	143o	8,43	47	45	175	1oo	1	58	o,5	o,5	1
123	P43	o3	1o825	4566825	46																	
124	P44	o3	1o85o	4566 85o	188																	
125	P45	o3	1o825	45669oo	12o																	
126	P46	o3	1o8oo	4566835	223																	
127	P47	o3	1o95o	4567o5o	65o																	
128	P48	o3	1o95o	4567 1oo	175																	
129	P49	o3	1o875	45672oo	266	2,1o	o,7o	2,2o	15	25oo	11	925	4,88	46	45	61o	295o	28	5o	o,5	35	1
13o	P51	o2	1385o	4563 3oo	275																	
131	P52	o1	1425o	4563425	549		2,3o	1,12	9	25oo	8o	28o	2,12	37	4o	5o	12o	1	48	o,5	o,5	1
132	P53	o2	13925	4563375	249		o,6o	2,oo	53	59oo	14	93o	9,72	27	15	5o	115	3	44	o,5	o,5	1
133	P54	o2	1385o	4563 45o	913																	
134	P55	o2	13875	4563 4oo	271	1,oo	2,1o	1,4o	11	175o	15	3oo	3,o3	42	25	3o	7o	1	51	o,5	1,o	1
135	P56	o1	13675	4563725	376		1,7o	1,62	12	9oo	15	19o	2,62	21	3o	35	45	1	42	o,5	o,5	1
136	P57	o2	13625	4564 65o	466	2,1o	1,34	1,72	35	365o	9	1o8o	6,6o	27	25	15	115	1	5o	o,5	o,5	1
137	P58	o1	13525	4565775	123o	2,oo	1,32	1,5o	36	475o	18	173o	7,69	28	5	295	17o	1	56	o,5	o,5	1
138	P59	o1	1345o	4566975	646	4,3o	1,64	1,42	37	19oo	13	2o4o	11,2o	76		5o	16o	18	54	o,5	o,5	1
139	P6o	o2	1385oo	4567 75o	381	2,4o	6,6o	1,88	1o	125o	6	71o	1,81	2o		25	16o	1	24	o,5	o,5	1
14o	BA1	o5	1895o	4565775	611					31oo	23	127o		7o	18o	155	75			1,o	o,5	1
141	ADB2	o5	18375	457oo5o	34o						5			55	5	3o	1oo			1,o	o,5	1
142	AA3	o5	18o25	457o125	214					4ooo	1o	8oo		35	5	3o	7o			1,o	o,5	1
143	ID4	o3	1225o	45667oo																		
144	KD6	o2	14575	456o725	279					275o	1o	9oo		4o	5	13o	5o			1,o	o,5	1
145	KD7	o2	144oo	456o9oo	348					275o	5	145		65	5		1o			1,o	o,5	1
146	KD8	o2	13725	4561725	519					5ooo	1o	28oo		4o	15		5o			o,5	o,5	1
147	KD9	o2	1365o	4561875	224					2ooo	5	39o		45	5		1o			1,o	o,5	1
148	KD1o	o2	13525	4561 95o	568					33oo	15	135o		55	1o	1o	65			1,o	o,5	1
149	KD11	o2	1345o	4562o5o	575					31oo	1o	177o		55	5	25	12o			1,o	o,5	1
15o	KD12	o2	1365o	4563125	295					175o	5	39o		3o	5	1o	25			1,o	o,5	1
151	KD13	o2	137oo	4563 3oo	635					4ooo	3o	1o5o		6o	25	23o	15o			1,o	o,5	1
152	KD14	o7	13825	4563325	259					275o	5	95o		65	5		2o			1,o	o,5	1
153	KD15	o2	137oo	4565125	423					4ooo	2o	2ooo		5o	25	1o5	145			1,o	o,5	1
154	KD16	o3	13625	45687oo	48o					1ooo	5	4oo		25	1o	2o	45			1,o	o,5	1
155	KD17	o3	13625	4568625	369					125o	5	4oo		25	5		75			1,o	o,5	1
156	KD18	o3	15525	4574425	555					125o	25	138o		15	25	115	4o			1,o	o,5	1
157	KD19	o6	15625	4574 46o	288					15oo	4o	55o		2o	3o	3o	6o			1,o	2,5	1
158	KD21	o6	15775	4574525	489					415o	1oo	535		25	135	4o	65			1,o	o,5	1
159	KD22	o6	15875	4574 55o	116					5oo	1o	245o		3o	15	6o	3o			o,5	2,o	1
16o	KD23	o6	1o75o	4566725	633					9oo	15	1o7o		1o	25	35	8o			o,5	1,5	1

lfd.Nr.	Probe-bez.	Petro-graphie	x	y	Cs	Ba	La	Ce	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Au	Pb	Th
o81	E3o	o4	464975	4567835	1,3	415	12,7	27,6	3,6	o,9	o,6	2,5	o,6	o,o1	5	3,2
o82	P1	o5	189oo	4569575	1,o	44o	11,o	21,9	3,5	1,o	o,5	2,3	o,3	o,o1	5	2,8
o83	P2	o5	18775	4569775	1,o	38o	8,8	16,8	2,8	o,7	o,9	1,8	o,3	o,o1	5	2,2
o84	P3	o5	18ooo	456950o	3,o	31o	15,o	26,5	4,4	1,o	o,7	3,3	o,5	o,o1	5	3,4
o85	P4	o4	167oo	456950o	2,8	36o	1o,9	22,2	3,3	o,9	o,7	2,6	o,4	o,o1	5	3,5
o86	P5	o3	179oo	457o9oo												
o87	P6	o5	1515o	4573 1oo	3,2	84o	11,2	2o,7	3,o	1,o	o,7	1,o	o,2	o,o1	5	3,2
o88	P7	o3	152oo	4569875	2,6	7oo	9,6	19,5	2,9	o,7	1,2	2,8	o,5	o,o1	5	1,3
o89	P8	o3	1515o	4569925	2,6	62o	8,6	16,2	3,3	o,9	1,2	2,5	o,4	o,o1	1o	2,4
o9o	P9	o3	15125	457oo25	2,2	62o	9,8	17,3	2,6	o,7	1,1	1,8	o,4	o,o1	1o	
o91	P1o	o3	15o75	457o225	2,4	64o	9,4	23,7	5,9	1,2	o,8	4,o	o,6	o,o1	5	o,7
o92	P11	o3	14875	457o2oo	2,4	66o	1o,1	2o,3	3,4	1,o	1,2	2,2	o,4		5	2,5
o93	P13	o3	14875	457o375	2,4	66o	11,6	2o,9	3,3	o,9	1,2	2,3	o,5		5	2,3
o94	P14	o5	15o5o	457o65o	2,4	66o	9,9	2o,8	3,4	o,9	o,8	2,2	o,4		5	2,2
o95	P15	o3	14675	4571ooo	2,2	38o	12,4	22,5	3,8	1,o	o,6	2,5	o,4		5	2,9
o96	P16	o3	1525o	4571325	1,6	37o	14,4	26,5	3,8	o,9	o,6	2,8	o,4		1o	3,5
o97	P17	o3	15325	457 16oo	1,2	46o	6,4	11,4	1,3	o,3	o,9	1,2	o,1		5	1,8
o98	P18	o3	1525o	457 16oo	1,1	46o	6,5	11,6	1,3	o,3	o,9	1,6	o,2		5	1,8
o99	P19	o4	159oo	457 13oo	1,4	41o	13,1	25,2	4,o	1,o	o,5	2,8	o,8		5	3,o
1oo	P2o	o4	16o5o	4571o5o	1,2	32o	11,4	26,4	3,8	1,1	o,8	2,7	o,7		5	3,2
1o1	P21	o3	1765o	4566 6oo	1,2	49o	13,1	24,2	3,2	o,4	o,5	2,7	o,4		1o	3,2
1o2	P22	o3	1765o	456675o	1,5	94o	17,9	3o,9	4,5	o,8	o,8	3,7	o,5		5	4,o
1o3	P23	o3	17525	4566825	1,4	41o	7,7	13,7	2,o	o,3	1,o	1,7	o,1		5	2,1
1o4	P24	o2	17ooo	456685o	1,o	42o	18,1	34,o	3,8	o,5	1,1	3,4	o,5		1o	3,7
1o5	P25	o2	16925	4567o25												
1o6	P26	o2	16675	4567 2oo	2,o	8oo	13,5	21,3	2,8	o,4	1,5	2,o	o,4		5	2,2
1o7	P27	o2	16525	4567275	o,9	3o5	11,1	18,8	2,1	o,3	o,7	1,7	o,2		5	2,4
1o8	P28	o2	16425	456725o	1,2	65o	8,8	18,2	2,2	o,5	1,o	1,5	o,2		15	2,4
1o9	P29	o2	16275	456725o	1,1	5oo	2,5	12,6	o,8	o,2	o,9	1,8	o,2		1o	2,3
11o	P3o	o3	1825o	456775o												
111	P31	o3	18225	4567675	1,o	43o	4,7	1o,o	1,5	o,5	o,6	2,4	o,4		5	1,9
112	P32	o4	1825o	4567625	1,2	44o	13,o	28,o	4,o	o,8	o,6	2,5	o,6		5	3,o
113	P33	o3	1835o	456755o												
114	P34		183oo	4568o5o	1,5	52o	8,o	14,1	2,8	o,8	o,9	1,8	o,3		5	1,6
115	P35	o5	182oo	4568 45o	2,8	38o	12,o	21,9	3,4	1,o	o,6	2,7	o,4			3,1
116	P36	o5	1766o	4568625	1,7	44o	1o,3	2o,3	3,3	1,o	1,o	2,1	o,4		5	2,3
117	P37	o5	1775o	456915o	1,4	46o	9,8	17,5	3,3	o,9	o,7	2,3	o,4		1o	2,6
118	P38	o3	1o825	45769oo												
119	P39	o3	1o95o	457695o												
12o	P4o	o3	1o85o	4577ooo												
121	P41	o3	1oooo	457685o												
122	P42	o5	1o625	4577o5o	1,o	66o	4,6	7,9	2,o	o,8	1,3	o,9	o,3		5	o,9
123	P43	o3	1o825	4566825												
124	P44	o3	1o85o	456685o												
125	P45	o3	1o825	45669oo												
126	P46	o3	1o8oo	4566835												
127	P47	o3	1o95o	4567o5o												
128	P48	o3	1o95o	45671oo												
129	P49	o3	1o875	4567 2oo	3,8	128o	15,2	26,1	3,3	o,8	1,o	2,4	o,4		7o	3,6
13o	P51	o2	138oo	45633oo												
131	P52	o1	1425o	4563425	o,5	1o5o	28,1	33,3	5,6	o,8	o,9	4,2	o,8		5	6,3
132	P53	o2	13925	4563375	1,5	5oo	3,7	7,4	1,9	o,8	1,o	1,2	o,4		5	o,6
133	P54	o2	1385o	4563 45o												
134	P55	o2	13875	4563 4oo	o,8	57o	15,5	27,1	3,5	o,7	o,6	3,o	o,5		5	4,o
135	P56	o1	13675	4563725	1,3	72o	12,9	23,7	3,9	o,5	o,8	3,8	o,8		5	2,4
136	P57	o2	13625	4564 65o	2,2	72o	3,6	23,2	3,5	1,o	1,1	1,5	o,4		13o	1,1
137	P58	o1	13525	4565775	2,o	32o	11,4	22,2	3,4	1,1	1,1	2,2	o,5			o,6
138	P59	o1	1345o	4566975	1,8	64o	8,2	14,2	1,9	o,8	1,1	o,7	o,3		1o	1,9
139	P6o	o2	138oo	456775o	1,o	29o	16,2	27,1	2,7	o,5	3,2	2,o	o,5		1o	3,2
14o	BA1	o5	1895o	4565775											5	
141	ADB2	o5	18375	475oo75											5	
142	AA3	o5	18o25	457o125											5	
143	1D4	o3	1225o	45667oo												
144	KD6	o2	14575	456o725											5	
145	KD7	o2	144oo	456o9oo											5	
146	KD8	o2	13725	4561725											5	
147	KD9	o2	1365o	4561875											5	
148	KD1o	o2	13525	456195o											5	
149	KD11	o2	1345o	4562o5o											5	
15o	KD12	o2	1365o	4563125											5	
151	KD13	o2	137oo	45633oo											5	
152	KD14	o7	13825	4563325											5	
153	KD15	o2	137oo	4565125											5	
154	KD16	o3	13625	45687oo											5	
155	KD17	o3	13625	4568625											5	
156	KD18	o3	15525	4574425											5	
157	KD19	o6	15625	457446o											15	
158	KD21	o6	15775	4574525											1o	
159	KD22	o6	15875	457455o											1o	
16o	KD23	o6	1o75o	4566725											5	

lfd.Nr.	Probe-bez.	Petro-graphie	x	y	F	Ti	Cr	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Ag	Cd	Sb	Pb
161	KD24	o4	1o65o	4566700	66o	525o	5	138o	45	15	285	11o	1,o	o,5	1	5
162	MOM33	o3	176oo	4574775	4o3	375o	5o	57o	2o	2o	2o	4o	o,5	1,o	1	5
163	MA34	o6	17325	457455o	235	1ooo	2o	135o	1o	15	2o	25	o,5	1,o	1	1o
164	M35	o6	154oo	4574125	455	3ooo	75	71o	2o	95	15	7o	1,o	1,o	1	15
165	LBD36	o2	144oo	4568500	919	15oo	5	45o	35	5	4o	6o	o,5	o,5	1	5
166	CD37	o4	173oo	4569100	214	24oo	5	425	75	5	15	4o	o,5	o,5	1	5
167	ALBR38	o3	1625o	4568500	3o8	35oo	5	56o	3o	2o	6o	55	o,5	1,o	1	1o
168	BA39	o6	11475	4575o75	445	2ooo	65	27oo	125	25o	12ooo	335	o,5	7,o	1	5
169	BA41A	o7	1o975	4574525	52o	3ooo	15	15oo	4o	15	7o	7o	o,5	1,o	1	5
17o	BA41B	o7	11o5o	4574525	29o											
171	MD46	o2	1385o	4568700	3o9	175o	5		4o	5	1o	5o	o,5	1,o	1	5
172	MD47	o2	13825	4569600	825	15oo	1o	515	45	5	2o	1oo	o,5	1,o	1	5
173	BED7o	o3	173oo	4563400	7o6	265o	1o	3oo	4o	5	4o	125	1,o	1,o	1	5
174	BED71	o3	17125	4563400	715	1ooo	5	6o	15	5	2o	2o	o,5	o,5	1	5
175	BED72	o2	157oo	4562850	823	125o	5	2o5	3o	5	15	3o	o,5	o,5	1	5
176	BED73	o3	15325	4563375	494	325o	1o	113o	35	15	44o	65	o,5	o,5	1	5

Anhang: Tab. IV

Urliste(I) der Analysenergebnisse von Bohrung 258/Anayatak(AAS:Ti bis Pb; Potentiometrie: F)

lfd.Nr.	Probe Nr.	Petro-graphie	F/ppm	Ti/ppm	Mn/ppm	Cu/ppm	Zn/ppm	Ag/ppm	Cd/ppm	Pb/ppm
177	S6	o3	425	375	1oo	95	365o	o,5	o,5	4o
178	S14	o3	46o	35o	155o	55	45o	o,5	o,5	3o
179	S25	o3	42o	85o	1oo	3ooo	126o	4,5	9,5	48o
18o	S36	o3	31o	55o	3oo	65	375	2,5	1,5	445
181	S51	o3	225	85o	1oo	65	11o	o,5	o,5	1oo
182	S62	o3	16o	5oo	5o	62o	5oo	o,5	1,5	85
183	S89	o3	45o	1ooo	5o	15o	22o	o,5	o,5	15
184	S76	o3	31o	6oo	1oo	8oooo	24oo	11o,o	13,5	45o
185	S66	o3	64o	5oo	35o	75	315	o,5	o,5	2o
186	S94	o3	73o	6oo	5oo	335	84o	2,5	3,5	3o
187	S99	o3	52o	6oo	25o	9ooo	295o	39,5	16,o	95o
188	S1o3	o3	71o	11oo	25o	23ooo	1oo	24,5	18,o	1ooo
189	S117	o3	63o	3oo	9oo	68o	875	6o,o	4,5	7oo
19o	S11o	o3	78o	75o	3oo	8o	1o5o	1,o	4,5	315
191	S111	o3	91o	8oo	25o	55	115o	o,5	2,o	235
192	S137	o3	84o	1o5o	25o	7o	11o	o,5	o,5	1o
193	S181	o3	88o	8oo	1oo	55	18o	o,5	o,5	6oo
194	S149	o3	89o	115o	65o	42o	225o	o,5	o,5	55
195	S161	o3	69o	95o	2oo	75	5o5	o,5	o,5	6o
196	S171	o3	82o	125o	25o	9o	195o	o,5	7,5	1o5
197	S195	o3	71o	8oo	3oo	2o	235	o,5	o,5	5

Anhang: Tab. V

Urliste(II) der Analysenergebnisse von Bohrung 256/Çakmakkaya(AAS:Ti bis Pb; Potentiometrie: F)

lfd.Nr.	Probe Nr.	Petro-graphie	F/ppm	Ti/ppm	Mn/ppm	Cu/ppm	Zn/ppm	Ag/ppm	Cd/ppm	Pb/ppm
198	ES1	o3	14o	3oo	5o	55	15	o,5	o,5	5
199	ES2	o3	75		35o	3o5	75	o,5	o,5	1o
2oo	ES4	o3	14o	3oo	5o	36o	6o	o,5	o,5	15
2o1	ES7	o3	5o	5o	15o	47o	6o	1,5	o,5	1o
2o2	ES8	o3	26o	1oo	5o	3oo	45	o,5	o,5	1o
2o3	ES23	o3	35	5o	1oo	66o	125	o,5	o,5	8o
2o4	ES24	o3	27o	4oo	5o	38o	31o	2,o	1,o	11o
2o5	ES28	o3	225	2oo	5o	22ooo	285	9,o	4,o	125
2o6	ES58	o3	18o	15o	5oo	41oo	75o	3,o	6,o	11o
2o7	ES6o	o3	17o	2oo	65o	65o	25o	1,o	1,5	2o
2o8	ES71	o3	42o	4oo	35o	675	225	1,o	1,o	15
2o9	ES72	o3	14o	1oo	25o	49oo	31o	1,o	4,o	3o
21o	ES74	o3	3o4	25o	5o	395oo	65	1,o	o,5	15
211	ES79	o3	9o	1oo	5o	135oo	55o	3,5	6,o	55
212	ES84	o3	2oo	1oo	15o	46oo	42o	o,5	1.5	25
213	ES83	o3	55o	8oo	1oo	75	4o	o,5	o,5	5
214	ES73	o3	55o	95o	1oo	26o	12o	2,5	o,5	1o
215	ES69	o3	15o		5o	355o	5o	4,o	o,5	15
216	ES76	o3	18o	4oo	1oo	135oo	165	9,o	o,5	7o
217	ES8o	o3	42o	5oo	35o	4o	5o	o,5	o,5	5

Element	SPILIT-SPILITISCHER TUFF (UBS)							QUARZKERATOPHYR-QUARZKERATOPHYRTUFF (UBS)						
	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel
F	4	854	376	123o	7oo	37o	598	637	21	11o6	224	133o	5o6	277	423	448
Na%	4	4,12	o,13	4,25	1,67	1,91	1,12	o,77	9	2,32	o,o5	2,4	o,67	o,94	o,o9	o,21
K%	2	o,6	1,72	2,31	2,o2	o,42	2,o2	2,oo	7	2,42	o,6o	3,oo	1,87	o,83	2,11	1,6
Ca%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sc	4	29	9	38	24	15	24	2o	9	46	7	53	19	16	11	15
Ti	4	385o	9oo	475o	2137	1799	145o	1687	21	515o	75o	59oo	2721	1364	275o	2393
Cr	4	4	19	23	21	-	-	-								
Mn	4	185o	19o	2o4o	1o6o	962	1oo5	658	21	1985	15	2ooo	695	579	45o	393
Fe%	4	9,15	2,15	11,3o	5,94	4,36	5,16	4,71	9	9,79	o,31	9,79	3,54	2,91	2,39	2,52
Co	4	56	22	78	41	-	-	-	9	15	27	42	23			33
Ni	4	35	5	4o	26	15	3o	21	21	25	o,oo1	25	1o	1o	5	7
Cu	4	26o	35	295	1o8	125	5o	71	17	22o	1o	23o	47	58	25	28
Zn	4	125	45	17o	124	57	14o	11o	21	14o	1o	15o	65	48	5o	46
As	2	15,5	1,9	17,4	9,6	11,o	9,6	5,7	3	9,3	2,5	11,7	6,8	4,7	6,2	5,6
Rb	2	7	42	49	45	49	45	45	5	34	24	58	41	14	4o	39
Ag	4	5	3	8	6	2	6	5	21	6,4	o,1	6,5	1,72	1,78	1,o	1,1
Cd	4	o,4	o,1	o,5	o,4	o,2	o,5	o,3	21	1,4	o,1	1,5	o,3	o,4	o,1	o,2
Sb	-	-	-	-	-	-	-	-								
Cs	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ba	2	339	711	1o5o	881	24o	881	865	5	442	227	669	457	2o5	423	419
La	3	16,5	11,7	28,2	17,7	9,1	13,2	16,3	9	15,8	2,6	18,3	11,4	5,5	12,9	9,6
Ce	4	19,o	14,3	33,3	23,3	7,9	22,7	22,2	8	2o,2	8,8	29,o	21,1	6,8	21,2	19,9
Sm	4	3,8	1,9	5,7	3,7	1,6	3,7	3,5	9	3,o	o,9	3,9	2,6	1,o	2,7	2,4
Eu	4	o,6	o,5	1,1	o,8	o,3	o,8	o,8	7	o,7	o,3	1,o	o,6	o,2	o,5	o,6
Tb	3	o,o	o,8	o,8	o,8	o,6	o,8	o,8	4	o,4	o,4	o,8	o,5	o,2	o,5	o,5
Yb	4	4,2	2,5	6,7	5,o	2,1	5,4	4,6	8	3,6	1,5	5,1	3,1	1,2	3,1	2,8
Lu	4	o,8	o,6	1,4	1,o	o,4	1,1	1,o	9	o,7	o,4	1,1	o,8	o,2	o,7	o,7
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pb	4	9	1	1o	5	4	5	2,2	21	125	5	13o	12	27	5	7
Th	4	5,8	o,6	6,4	2,9	2,5	2,3	2,1	9	3,4	o,6	4,o	2,5	1,2	2,4	2

	DAZITISCHER ASCHENTUFF (UDS)							DAZIT (UDS)						
	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel
F	72	248o	3o	251o	596	489	447	439	29	1566	124	169o	326	297	252	27o
Na%	31	3,58	o,o14	3,59	1,28	1,18	1,56	o,4o	1o	1,83	1,96	3,79	2,7o	o,57	2,6o	2,6o
K%	25	6,6o	o,2o	6,8o	2,4o	1,75	2,o3	1,82	17	8,2o	1,oo	9,2o	4,42	2,58	4,4o	4,4o
Ca%	15	11,46	o,14	11,6o	2,54	3,68	o,3	o,7	15	3,35	o,2o	3,54	1,8o	1,21	1,9o	1,2
Sc	31	4o	o,1	41	14	13	8	8	2o	36	5	41	16	6	16	15
Ti	72	5625	125	575o	139o	1253	95o	776	28	5o5o	2oo	525o	21o5	1o1o	23oo	1778
Cr	21	6o	1	6o	13	-	11	-	13	7	3	1o	5		4	6
Mn	71	479o	1o	48oo	363	67o	1oo	145	29	133o	5o	138o	517	319	47o	4o7
Fe%	31	8,9o	o,1o	9,oo	3,34	2,52	2,56	2,14	2o	7,oo	o,8o	7,8o	2,95	1,3o	2,83	2,8o
Co	21	6o	1	6o	2o	-	21	-	19	133	o,15	133	21	29	1o	11
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-								
Cu	71	12995	5	13ooo	869	2426	8o	1o7	29	28o	5	285	32	18	15	27
Zn	72	6635	5	664o	26o	834	75	78	29	29o	15	3o5	91	65	75	74
As	17	67	o,o4	68	9	17	3	2	14	4,oo	o,o3	4,oo	o,6o	1,2o	o,11	o,2o
Rb	17	139	5	144	42	42	32	27	17	1o5	17	122	53	27	55	47
Ag	72	31	1	32	4	6	2	1,7	29	24	o,1	24	7	8	3	3
Cd	72	35	1	36	1,7	5	1	o,5	29	1,9	o,1	2,o	o,4	o,6	o,1	o,2
Sb									12		o,2	1,o	o,5	o,2	o,4	o,4
Cs	11	3,3	o,o8	3,4	o,7	o,9	o,4	o,4	16	4,9	o,1	5,o	1,6	1,o	1,4	1,3
Ba	19	1289	71	136o	435	354	375	312	15	4o7	113	52o	292	1o7	284	27o
La	31	17,6	o,7	18,3	9,3	4,5	9,3	7,9	2o	12,1	69	19,o	14,3	3,5	15,1	13,7
Ce	31	4o,7	o,8	41,5	17,7	9,1	17,3	14,7	18	34,8	9,7	44,5	28,o	9,3	28,6	26,2
Sm	31	5,8	o,1	5,9	2,4	1,4	2,1	1,9	2o	4,1	1,3	5,4	3,8	1,1	4,1	3,6
Eu	28	1,3	o,1	1,3	o,6	o,3	o,5	o,5	2o	o,7	o,4	1,1	o,9	o,2	1,o	o,9
Tb	22	1,5	o,1	1,6	o,6	o,4	o,5	o,4	2o	o,8	o,3	1,1	o,7	o,2	o,7	o,7
Yb	31	7,9	o,1	8,1	2,8	1,9	2,5	2,1	2o	4,1	o,7	4,8	3,2	1,1	3,2	3,o
Lu	31	1,8	o,1	1,9	o,6	o,5	o,6	o,4	2o	1,o	o,2	1,2	o,6	o,3	o,6	o,6
Au	11	o,o7	o,oo6	o,o8	o,o5	o,o3	o,o5	-	8	o,oo7	o,oo2	o,oo9	o,oo3	o,oo3	o,oo2	-
Pb	72	325	1	325	24	43	1o	11	29	23	2	25	1o	6	7	8
Th	31	8	1	9	3	2	2	2	2o	8,3	1,7	1o	3,7	1,6	3,5	3,5

Element	ANDESIT (OBS)							KALKSTEIN-MERGEL (OBS)						
	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel
F	14	458	153	611	3o4	126	264	283	7	517	116	633	38o	176	445	336
Na%	12	2,3	1,o	3,3	2,o	o,7	1,9	1,8o								
K%	4	1,84	o,65	2,49	1,64	o,78	1,71	1,47								
Ca%	1o		3,36	8,96	6,43	1,87	6,27	6,17								
Sc	12	43	16	59	31	11	3o	3o								
Ti	14	25oo	25oo	5ooo	395o	859	4ooo	3855	7	365o	5oo	415o	1864	13o4	15oo	1496
Cr	1o	195	7	2o2	53	54	37	41	7	9o	1o	1oo	45	45	4o	36
Mn	14	1o45	555	16oo	1o5o	349	968	1ooo	7	2165	535	27oo	1338	897	1o7o	11o4
Fe%	12		2,72	8,57	5,42	1,6o	5,32	5,25								
Co	12	28	19	47	33	8	33	31	7	115	1o	125	35	41	2o	23
Ni	15	18o	1	18o	28	45	15	5	7	235	15	25o	76	85	3o	46
Cu	15	165	1o	175	52	51	3o	35	7	11.985	15	12.ooo	1743	4523	35	71
Zn	15	1oo	65	165	91	29	75	87	7	31o	25	335	95	1o8	65	66
As	-	-	-	-	-	-	-	-								
Rb	5	22	12	34	25	9	29	24								
Ag	15	23o	o,5	23,5	7,o	9	1	3	7	6	o,5	6,5	2,o	2,4	1,o	1,3
Cd	15	1,9	o,1	2,o	o,6	o,5	o,5	o,4	7	6,5	o,5	7,o	2,2	2,2	1,5	1,6
Sb																
Cs	3	o,74	o,96	1,7o	1,34	▫,37	1,35	1,3o								
Ba																
La	12	1o,3	4,5	14,8	9,9	2,5	1o,1	9,5								
Ce	17	13,o	9,3	22,3	15,8	4,4	16,6	15,o								
Sm	12	2,4	2,o	4,4	3,2	o,6	3,4	3,2								
Eu	12	o,5	o,7	1,2	o,9	o,1	o,9	o,9								
Tb	12	o,3	o,5	o,8	o,6	o,1	o,7	o,6								
Yb	12	2,2	2,2	4,4	3,4	o,7	3,2	3,3								
Lu	11	o,7	o,4	1,3	o,8	o,3	o,7	o,7								
Au	-	-	-	-	-	-	-	-								
Pb	14	15	5	2o	9	6	7	5	7	1o	5	15	1o	4	1o	9
Th	12		▫,9	3,3	2,4	o,6	2,4	2,3								

Element	MIKROGRANIT							
	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel
F	3	261	259	52o	356	116	39o	339
Na%								
K%								
Ca%								
Sc								
Ti	2	25o	275o	3ooo	2875	1o2	2875	2872
Cr	2	1o	5	15	1o	5	8	9
Mn	2	55o	95o	15oo	1225	251	1225	1193
Fe%								
Co	2	25	4o	65	53	13	45	51
Ni	2	1o	5	15	1o	5	8	9
Cu	1	o	7o	7o	7o	-	-	-
Zn	2	5o	2o	7o	45	12	45	37
As								
Rb								
Ag	2	o,5	o,5	1,o	o,8	o,4	o,8	o,7
Cd	2	o,5	o,5	1,o	o,8	o,4	o,8	o,7
Sb	2	o	1,o	1,o	1,o	-	-	1,o
Cs								
Ba								
La								
Ce								
Sm								
Eu								
Tb								
Yb								
Lu								
Au								
Pb	2	o	5	5	5	-	-	5
Th								

SPURENELEMENTGEHALTE IN KUPFERKIES, PYRIT UND ZINKBLENDE (AAS) (ppm bzw. %) Anhang: Tab. X

Probe	Lokalität	Mineral	Pb	Sb	Cd	Ag	Mo	Se	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe
Ac	Anayatak	$CuFeS_2$	316o	12	n.b.	49	48	112	4	2,2%	29,4%	4	2o	25,8%
AC7c	Çakmakkaya	$CuFeS_2$	4o	4	n.b.	4	4	172	15	8o	36,2%	4	4	31,4%
AC8c	Çakmakkaya	$CuFeS_2$	4o	4	n.b.	4	4	17o	2	113	34,6%	4	4	3o,3%
AC58	Çakmakkaya	$CuFeS_2$	8o	4	n.b.	13	4	156	4	52	39,7%	4	4	27,1%
AC59	Çakmakkaya	$CuFeS_2$	4o	4	n.b.	9	4	196	3	5o	39%	4	4	26,9%
AD2	Anayatak	$CuFeS_2$	88o	8	n.b.	58	2o1	225	217	16oo	24,2%	16	36	33,4%
AD4	Anayatak	$CuFeS_2$	44oo	8	n.b.	46	28	4oo	116	32oo	31,4%	4	8o	31,2%
AD6c	Anayatak	$CuFeS_2$	16oo	28	n.b.	38	4o	88	48	4ooo	23,6%	4	12	31,2%
AD9	Anayatak	$CuFeS_2$	127o	9	n.b.	19	175	57	289	1314	28,2%	4	4	3o,6%
AD11c	Anayatak	$CuFeS_2$	68o	4	n.b.	18	4	132	46	188	33,9%	4	4	31,4%
AD12c	Anayatak	$CuFeS_2$	44o	16	n.b.	19	4	12o	26o	1o4	32,6%	4	4	21,9%
AD14c	Anayatak	$CuFeS_2$	32o	32	n.b.	4	24	24	624	744	3o,2%	4	4	3o,2%
AD16c	Anayatak	$CuFeS_2$	68o	22o	n.b.	14	24	76	144	44o	34,6%	4	4	32,2%
Bc	Anayatak	$CuFeS_2$	2734	73	n.b.	38	45	49o	155	6936	27,7%	4	12	32,4%
B6c	Anayatak	$CuFeS_2$	462	2o	n.b.	27	8o	137	237	1ooo	26,6%	4	36	3o,o%
C2c	Anayatak	$CuFeS_2$	136o	4	8	57	8o	96	44	228o	32,4%	4	4	28,1%
C9c	Anayatak	$CuFeS_2$	578	4o	4	34	4o	22	1o7	1776	34,6%	4	4	31,7%
C11c	Anayatak	$CuFeS_2$	935	13	n.b.	38	6o	147	24o	441o	31,6%	4	4	3o,9%
C12c	Anayatak	$CuFeS_2$	44o	12	3	n.b.	16o	36	52	16oo	34,o%	4	8	31,8%
C17c	Anayatak	$CuFeS_2$	2oo	44	4	7	4o	132	268	212	31,8%	4	4	3o,4%
C2o	Anayatak	$CuFeS_2$	192o	4	36	56	64	48	124	8ooo	28,9%	4	16	32,2%
D14	Anayatak	$CuFeS_2$	16o	2o	4	18	16	56	112	384	28,8%	4	4	31,8%

SPURENELEMENTGEHALTE IN KUPFERKIES, PYRIT UND ZINKBLENDE (AAS) (ppm bzw. %) Anhang: Tab. XI

Probe	Lokalität	Mineral	Pb	Sb	Cd	Ag	Mo	Se	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe
D15c	Anayatak	$CuFeS_2$	6oo	12	22	65	16	8	4o	2ooo	34,o%	4	5	3o,6%
D16c	Anayatak	$CuFeS_2$	1o82	11	16	33	16	38	195	216o	33,1%	4	5	31,3%
D19c	Anayatak	$CuFeS_2$	725	89	43	43	28	78	156	7254	26,2%	4	11	31,1%
D2oc	Anayatak	$CuFeS_2$	1612	52	5	11	52	9	427	1422	31,6%	4	4	29,7%
D21c	Anayatak	$CuFeS_2$	24o	12	4	23	16	56	14o	248	34,4%	4	4	31,5%
D23c	Anayatak	$CuFeS_2$	32o	8	4	45	4	148	3o	2o4	33,8%	4	4	31,1%
D25c	Anayatak	$CuFeS_2$	1ooo	172	4	14	2o	68	72	8oo	31,9%	4	4	31,8%
D26c	Anayatak	$CuFeS_2$	17o	47	4	11	64	51	575	528	24,o%	4	13	29,9%
D27c	Anayatak	$CuFeS_2$	16o	6o	4	15	36	32	7o4	168	3o,2%	4	17	32,6%
D32c	Anayatak	$CuFeS_2$	445	15o	62	7o	389	28	2o57	3892	21,9%	4	111	34,o%
D33	Anayatak	$CuFeS_2$	16o	4	4	23	8	32	56	144	33,o%	4	4	31,1%
E8c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	12o	4	n.b.	3	4	192	11	152	34,5%	4	4	3o,8%
E9c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	16o	4	4	6	4	4oo	3o	14o	34,8%	4	4	3o,2%
E12c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	8o	4	n.b.	n.b.	4	n.b.	n.b.	n.b.	32,5%	4	n.b.	3o,2%
E13c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	48	4	4	2	24	212	24	11o	24,8%	4	5	25,9%
E21c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	12o	4	4	8	16	136	92	12o	32,3%	4	4	3o,2%
K1c	Anayatak	$CuFeS_2$	263o	62	26	28	53	7o	345	2o55	23,6%	4	66	3o,1%
K2c	Anayatak	$CuFeS_2$	48o	4	1	22	24	4o	72	72o	3o,3%	4	4	3o,o%
K6c	Anayatak	$CuFeS_2$	241	4	2o	11	56	65	497	24o6	23,5%	4	36	28,4%
KP2	Konz.Murgul	$CuFeS_2$	2923	1o6	12o	47	242	4o	1827	32o8	18,o%	4	85	33,5%
P2oc	Umgb.v.Murgul	$CuFeS_2$	2576	127	22	48	41	9	3526	352	31,3%	4	27	3o,2%
P39c	Başköy	$CuFeS_2$	134	4	4	12	13	4	27	262	31,7%	4	4	28,1%
P46c	Akarşen	$CuFeS_2$	16oo	24o	36	34	92	4	274	n.b.	34,o%	4	152	3o,o%
P51c	Umgb.v.Murgul	$CuFeS_2$	738	11	1o	27	32	16	9o	1581	32,4%	4	4	32,o%

SPURENELEMENTGEHALTE IN KUPFERKIES, PYRIT UND ZINKBLENDE (AAS) (ppm bzw. %) Anhang: Tab. XII

Probe	Lokalität	Mineral	Pb	Sb	Cd	Ag	Mo	Se	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe
AC59p	Ç.kaya	FeS_2	84	4	n.b.	9	46	21	143	414	2,6%	4	147	44,2%
AD18p	Anayatak	FeS_2	5o	5	n.b.	26	3o	25o	38	64	22oo	4	3o	43,o%
PT2	Anayatak	FeS_2	4o	4	4	o,5	4	4	1	168	1,9%	4	56	44,8%
PT3	Anayatak	FeS_2	8o	4	4	1	4	4	1	28	o,7%	4	52	46,o%
KP1	Konz.Murgul	FeS_2	94o	115	2	37	14o	4	34oo	6oo	6ooo	4	135	41,8%
P32p	Umgb.v.Murgul	FeS_2	9o	4	4	4	4	4	27	16	4	4	1oo	51,2%
P33p	Umgb.v.Murgul	FeS_2	176	4	n.b.	11	22	18	141	22	4ooo	4	97	44,o%
P39p	Başköy	FeS_2	14o	23	4	5o	28	4	2o6o	253	1,1%	4	4	42,o%
P4op	Başköy	FeS_2	277	23	n.b.	53	18	4	3642	327	9oo	4	4	2o,8%
P46p	Akarşen	FeS_2	6o2o	95	72	3o	172	4	1591	3,4%	34oo	4	34o	37,3%
P48p	Akarşen	FeS_2	125	4	4	3	33	4	137	37	n.b.	4	37	44,8%
AZn	Anayatak	ZnS	88oo	24		22	44	8	n.b.	52,o%	2,2%	4	8	1,9%
A6Zn	Anayatak	ZnS	12,8%	4	n.b.	52	64	4	1	63,8%	1,3%	4	9	1,5%

Probe	AC	C9C	C12C	C17C	D3C	D14C	D15C	D33C	S7 *	S1o *	S44 *	S54 *
Lokalität	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak
Mineral	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$
Pb	92o	74o	11o	2o	27o	1oo	14o	18	48o	38o	26o	52o
Tl	1	2	1	3	2	1	1	1	1	11	1	1
W	3	3	2	2	4	3	2	n.b.	2	2	4	2
Ba	15	11o	5oo	7	11o	15o	31	29o	38	49o	17o	76
Sb	23	19	5	12	9	7	3	n.b.	22	73	n.b.	n.b.
Sn	35	24	15	16	1o	11	6	18	13	15	12	9
In	6	9	5	4	4	5	6	7	6	6	8	8
Cd	95	48	2o	1	41	1	49	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Mo	48	4o	16o	4o	n.b.	n.b.	16	5	16	17	3	5
Se	112	22	36	132	n.b.	n.b.	8	14	1o	17	41	46
As	7	38	29	15o	14o	64	13	19	99	36oo	19	21
Ge	2	o,5	1,1	2	21	2	o,9	5	1	1,4	2	1,5
Ga	3	1,3	o,5	o,9	3	o,9	1,4	4	17	3	2	o,7
Zn	2,2%	37oo	18oo	81	41oo	6oo	2ooo	15o	11o	15oo	4oo	26o
Cu	31%	34%	33%	34%	26%	34%	34%	36%	34%	2o%	28%	34%
Co	14	1o	12	6	11	9	7	8	15	36	9	9
Fe	27%	3o%	29%	3o%	31%	3o%	3o%	3o%	3o%	42%	36%	3o%
Mn	16	7	18	68	15	5	13	5	14	32	2o	28
Ca	26o	8	3o	51o	11o	19	31	8	12	5o	16	11
P	37o	5oo	12oo	6ooo	44o	12o	15o	2	2	12	1	2
Si	2,9%	8ooo	1,o%	39oo	5,1%	5ooo	6ooo	27oo	29oo	1,5%	19oo	43oo
Al	57oo	12oo	71o	63o	1,3%	51o	53o	35o	49o	1ooo	91o	17oo
Mg	68o	32	17oo	67o	6oo	42	16	16	2oo	31oo	12oo	49o

*) Bezeichnung für Bohrkernproben von Anayatak

Probe	S1o6 *	S189 *	E8C	E12C	E15C	E21C	ES1o**	ES35**	ES51**	ES58**	ES59**	ES63**
Lokalität	Anayatak	Anayatak	Ç.kaya	Ç.kaya	Ç.kaya	Ç.kaya	Ç.kaya	Ç.kaya	Ç.kaya	Ç.kaya	Ç.kaya	Ç.kaya
Mineral	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$	$CuFeS_2$
Pb	21oo	64o	36	25	29	13	2o	84	88	35	15	1oo
Tl	6	3	2	1	2	6	1	3	1	9	1	1
W	4	3	3	2	4	n.b.	3	2	2	2	2	5
Ba	45o	79o	6	11	17	75	12	18o	43	18	37	83
Sb	n.b.	n.b.	25	4	3	n.b.	11	2o	1o	29	11	8
Sn	15	13	13	8	9	11	29	n.b.	11	13	8	12
In	9	6	4	4	8	5	3	n.b.	n.b.	8	8	14
Cd	n.b.	n.b.	2	1	2	74	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Mo	49	1	4	4	n.b.	11	16	38	n.b.	2o	11	42
Se	34	26	192	335	n.b.	35	15	12	2o	7	9	23
As	14o	74	8	18	24o	7o	43	17o	12o	14oo	15o	57
Ge	1,7	1,9	2	o,8	3	1	o,8	1,3	n.b.	o,5	1	n.b.
Ga	3,4	3,3	o,5	o,9	4	1	o,8	1,o	n.b.	o,5	1	n.b.
Zn	72o	24oo	18o	75	14o	11o	53	8o	1oo	25o	15o	43o
Cu	19%	18%	34%	32%	32%	32%	33%	26%	31%	27%	19%	19%
Co	27	16	4	8	8	13	6	29	1o	24	44	44
Fe	28%	25%	3o%	28%	28%	3o%	29%	23%	28%	24%	36%	36%
Mn	11oo	11oo	17	9	5	53	4	48o	2o	13o	36o	36o
Ca	1oo	16o	6	15	22	16	15	19o	55	18o	1ooo	1ooo
P	21	23	51	13o	25	3	2	16	9	62	28	28
Si	9,5%	12%	27oo	3,2%	4,o%	2,6%	2,o%	14%	4,1%	7,o%	6,7%	6,7
Al	1,1%	1,2%	37o	14oo	28oo	81o	43o	1,9%	21oo	42oo	26oo	26oo
Mg	97oo	1,5%	74	4oo	15o	87o	32	1,9%	31o	1,6%	16oo	16oo

Bezeichnung für Bohrkernproben von Anayatak (*) und von Çakmakkaya (**)

SPURENELEMENTGEHALTE IN KUPFERKIES, PYRIT UND ZINKBLENDE (SSMS) (ppm bzw %) Anhang: Tab. XV

Probe	P46C	D14P	B4	C5P	D27P	K4P	P32P	P45P	P46P	AZn
Lokalität	Umgebung v.Murgul	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Anayatak	Umgebung v.Murgul	Umgebung v.Murgul	Umgebung v.Murgul	Anayatak
Mineral	$CuFeS_2$	FeS_2	FeS_2	FeS_2	FeS_2	FeS_2	FeS_2	FeS_2	FeS_2	ZnS
Pb	16oo	25o	26o	11oo	17o	8o	5	52	28oo	71oo
Tl	5	6	2	13o	1oo	57	3	1	11	3
W	2	3	2	17	2	1	n.b.	3	n.b.	5
Ba	77oo	97	55oo	8,1%	87	1,3%	18	12oo	9,8%	94oo
Sb	27	49	4	16o	49	19	n.b.	6	27	18
Sn	7	7	6	18	15	1	12	4	31	16
In	4	3	5	2	1	1	n.b.	6	2	3
Cd	53	1	1	41	21	9	n.b.	1	74	35oo
Mo	92	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1	n.b.	2oo	n.b.
Se	4	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	5	n.b.	11	n.b.
As	26o	18o	28	3,6%	21oo	13oo	13	21	16oo	5
Ge	1	o,5	1,3	o,5	1,4	o,5	1	2o,5	2	19
Ga	3	o,5	1,6	o,7	2,7	o,5	1	1	2	27o
Zn	97oo	43o	16o	35oo	29o	72o	14	47	1,7	52%
Cu	34%	83oo	3,3%	32oo	4,3%	96oo	32	73o	3,2%	2,2%
Co	11o	9	6o	34	81	29	11o	31	23o	43
Fe	3o%	34%	34%	35%	4o%	35%	43%	45%	36%	5,8
Mn	4	5	16	43	42	43	6	3	15	11o
Ca	8	13	67o	19	59	16	1oo	9	14	64o
P	5	2	13o	14o	14	45	n.b.	48	2	78
Si	33	12%	9,5%	2,7%	3,1%	9,9%	3,5%	26oo	45o	3,7%
Al	32o	3oo	34oo	97o	22oo	24oo	17oo	1,6%	68o	19oo
Mg	15	28	69o	52	82	18o	23	49o	34	96o

SPURENELEMENTGEHALTE IN KUPFERKIES UND PYRIT Anhang: Tab. XVI

(INAA) (ppm bzw. %)

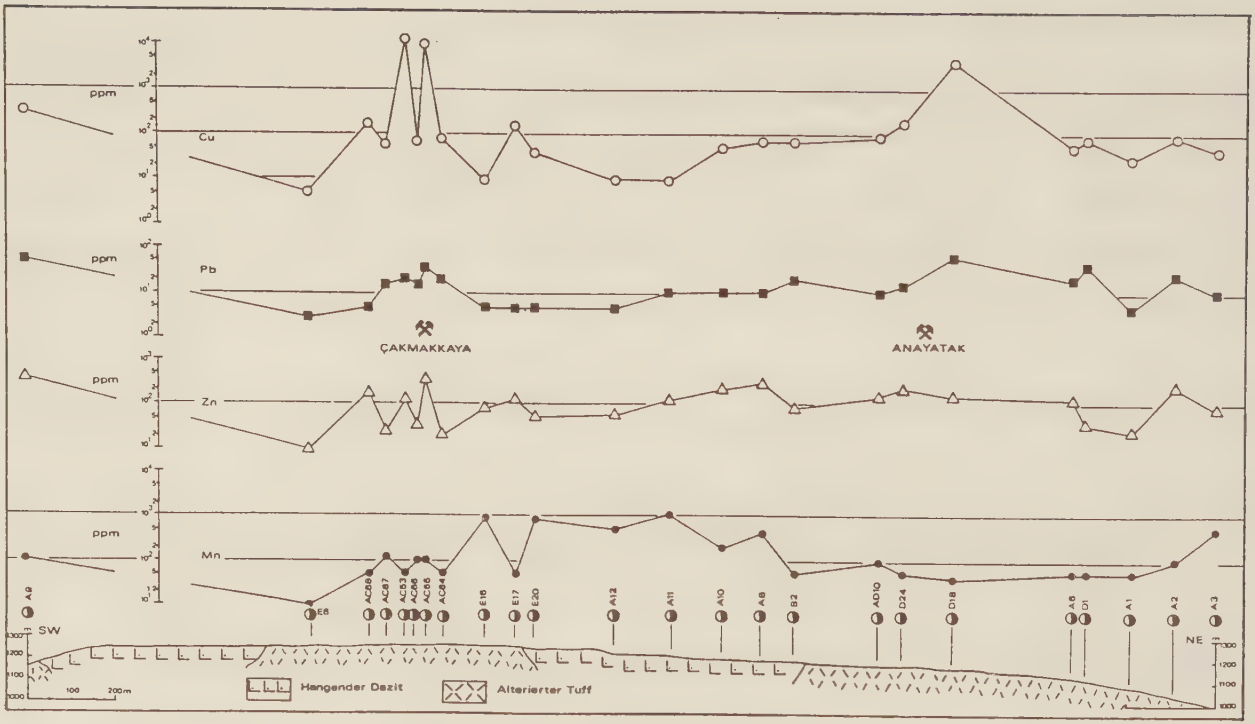
Probe	Lokalität	Mineral	Au	Sb	Ag	Mo	Se	As	Zn	Cu	Co	Sc
C1oc	Anayatak	$CuFeS_2$	o,28	23	156	11o	5o	115	715	31,o±3,o%	1o5	o,o6
D3p	Anayatak	$CuFeS_2$	o,16	3o	55	1oo	55	515	85	29,o%	8	o,84
D15c	Anayatak	$CuFeS_2$	o,2o	6	n.b.	n.b.	n.b.	25	n.b.	n.b.	5	n.b.
D33c	Anayatak	$CuFeS_2$	o,13	1	n.b.	n.b.	n.b.	17	n.b.	n.b.	4	n.b.
E9c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	o,o1	1	8	1o	41o	25	9o	32,6%	4	o,o3
E12c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	o,14	2	6	6	34o	5o	2o	n.b.	9	o,2o
E15c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	o,13	1	n.b.	n.b.	n.b.	515	n.b.	n.b.	6	o,16
E21c	Ç.kaya	$CuFeS_2$	o,o9	1	n.b.	n.b.	n.b.	72	n.b.	n.b.	8	o,o9
C13p	Anayatak	FeS_2	o,9o	3oo	31	4o	11o	775o	45o	2,3%	145	o,3o
P45p	Akarşen	FeS_2	o,11	2	5	8	6	6o	n.b.	n.b.	35	3,7o
ER-2-AS	Akarşen	FeS_2	o,34	1	n.b.	n.b.	n.b.	2o	n.b.	n.b.	3o	1,o8

Statistische Kenngrößen der Sulfiderze Anhang: Tab. XVII

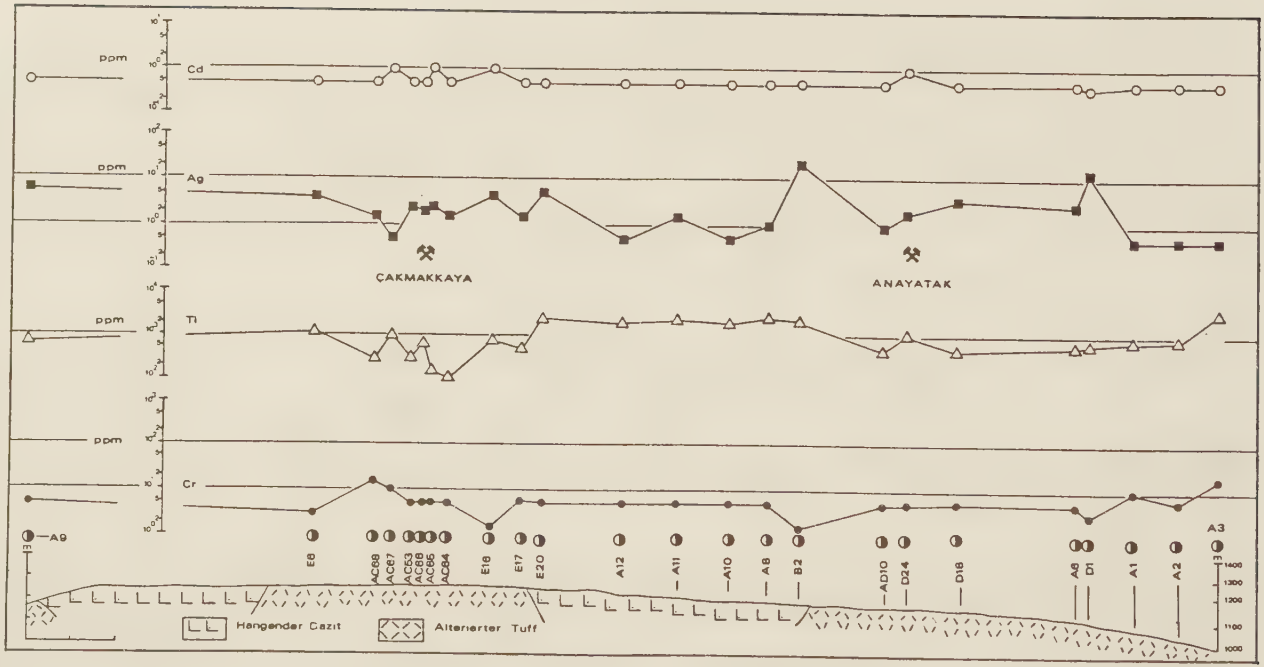
Element	KUPFERKIES / ANAYATAK							KUPFERKIES / ÇAKMAKKAYA						
	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel
Pb	36	4382	18	44oo	844	91o	5oo	479	14	147	13	16o	53	44	8o	43
Tl	11	2	1	3	1	o,7	1	1	8	8	1	9	3	3	2	2
Au	4	o,157	o,127	o,284	o,19o	o,676	o,175	o,2oo	4	o,122	o,o14	o,136	o,o89	o,o54	o,1o3	
W	1o	2	2	4	3	o,3	3	3	6	2	2	4	3	o,8	2	2
Ba	11	493	7	5oo	136	146	11o	74	8	172	6	18o	45	59	18	25
Sb	36	217	3	22o	34	5o	13	17	14	28	1	29	9	1o	4	5
Sn	11	29	6	35	15	8	13	14	7	21	8	29	13	7	11	12
In	11	5	4	9	7	2	6	6	6	5	3	8	5	2	5	5
Cd	33	94	1	95	16	22	4	8	1o	73	1	74	1o	22	4	4
Ag	33	152	4	156	37	28	33	29	9	78	2	8o	14	25	6	7
Mo	37	386	3	389	6o	74	4o	32	12	34	4	38	12	7	4	9
Se	37	482	8	49o	1o3	112	57	65	13	4o3	7	41o	149	89	11o	8o
As	38	2o53	7	2o6o	236	356	14o	115	14	1398	2	14oo	152	29	15	3o
Ge	11	2o,5	o,5	21,o	3,5	5,9	2,o	1,9	7	2,5	o,5	3,o	1,3	o,9	1,o	1,I
Ga	11	16,5	o,5	17,o	3,2	4,7	1,4	1,8	7	3,5	o,5	4,o	1,2	1,2	o,9	1,o
Zn	38	7921	79	8ooo	185o	2113	772	871	14	2oo	5o	25o	1o5	37	11o	96
Cu	32	12,7%	21,9%	34,6%	3o,o%	-	-	-	14	14,9%	24,8%	39,7%	32,4%	4,3%	34,6%	
Ni	32	12	4	16	4	2	4	4	9	o	4	4	4	4	4	4
Co	37	1o7	4	111	16	23	9	1o	14	26	3	29	9	1	4	7
Fe	38	9,o%	27,o%	36,o%	3o,9	1,69%	31,o%	-	14	8,4%	23,o%	31,4%	27,9%	2,o%	3o,2%	
Mn	12	63	5	68	18	17	15	13	8	476	4	48o	9o	163	19	26
Ca	11	5o2	8	51o	92	158	19	32	8	184	6	19o	62	62	19	31
P	11	5999	1	6ooo	78o	1762	15o	65	8	128	2	13o	37	43	21	17
Si	11	491oo	19oo	51ooo	113oo	1519o	5ooo	6457	8	1373o	27o	14ooo	4646o	4246o	36ooo	
Al	11	1265o	35o	13ooo	3o8o	4311	71o	135o	8	1863o	37o	19ooo	39oo	6243	175o	1742
Mg	11	1184	16	12oo	375	385	2oo	162	8	1897o	32	19ooo	46o4	8oo4	355	3o339

Element	KUPFERKIES / UMGEBUNG VON MURGUL							PYRIT / ANAYATAK						
	n	Spann weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand- abweich.	Median	geom. Mittel	n	Spann- weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand- abweich.	Median	geom. Mittel
Pb	4	2446	134	258o	126o	1o64	1169	8oo	6	1o6o	4o	11oo	282	4o9	125	14o
Tl	1			5					3	124	6	13o	79	65	1oo	43
Au									1			o,9				
W									3	15	2	17	7	8	3	5
Ba	1			2					3	8o91o	87	81ooo	27o6o	4671o	97	881
Sb	5	123	4	127	35	52	11	17	7	286	4	29o	8o	1o8	49	26
Sn	1			7					3	11	7	18	13	6	15	12
In	1			4					3	1	2	3	3	o,5	3	3
Cd	4	49	4	53	23	22	16	15	4	4o	1	41	17	18	13	8
Ag	4	36	12	48	3o	15	31	27	4	29,5	o,5	3o	14	16	14	4
Mo	4	79	13	92	45	34	37	35	4	29	4	33	18	16	17	11
Se	4	12	4	16	8	6	7	7	4	246	4	25o	91	116	55	26
As	5	3517	13	353o	784	1538	9o	123	7	26ooo	1	26ooo	5153	9615	18o	162
Ge	1			1					3	o,9	o,5	1,4	o,8	o,5	o,5	o,7
Ga	1			3					3	2,2	o,5	2,7	1,3	1,2	o,7	1,o
Zn	4	9438	262	97oo	297o	4524	966	1o91	7	3472	28	35oo	7o3	1244	29o	251
Cu	4	2,7%	31,3%	34,o%	32,3%	1,19%	32,1%	-	7	4278o	22o	43ooo	1487o	1493o	83oo	695o
Ni	4		4	4	4	1o	4	4	3	o	4	4	4	4	4	4
Co	5	1o8	2	11o	3o	46	4o	1o	7	135	9	144	58	44	52	44
Fe	4	3,9%	28,1%	32,o%	3o,1%	1,6%	3o,1%		7	12,o%	34,o%	46,o%	39,8%	4,9%	4o,o%	
Mn	1			4					4	38	5	43	33	18	41	25
Ca	1			8					3	46	13	59	3o	25	19	24
P	1			5					3	138	2	14o	52	76	14	16
Si	1			33					3	9,3	2,7	12,o	5,9	5,3	3,1	4,6
Al	1			32o					3	19oo	3oo	22oo	1157	964	97o	861
Mg	1			15					3	54	28	82	54	27	52	49

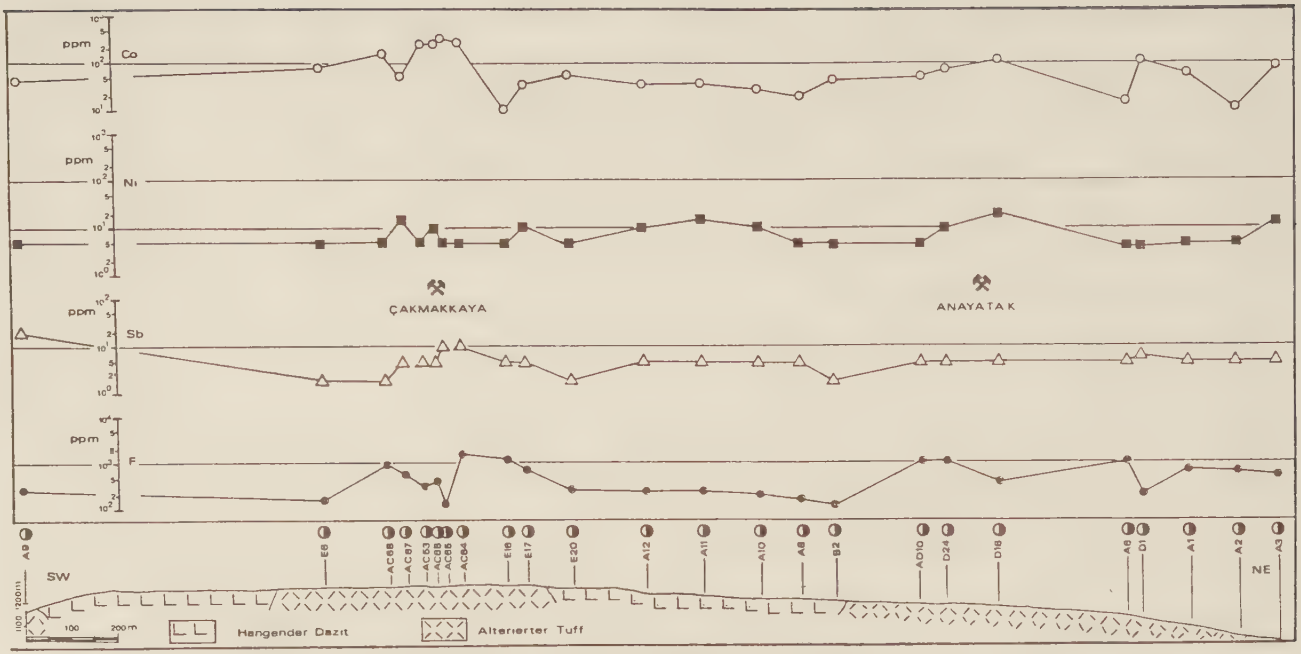
Element	PYRIT / UMGEBUNG VON MURGUL							
	n	Spann-weite	min.	max.	arith. Mittel	Stand-abweich.	Median	geom. Mittel
Pb	7	5973	52	6o2o	982		136	
Tl	2	2	1	3	2	1,4	2	1,7
Au	2	o,23o	o,1o9	o,339	o,224	o,163	o,224	o,2oo
W	2	2	1	3	2		2	
Ba	2	1182	18	12oo	6o9	836	6o9	147
Sb	8	94	1	95	2o	32	5	8
Sn	2	8	4	12	8	6	8	7
In	2	4	2	6	4		4	
Cd	5	71	1	72	17		3	
Ag	6	5o	3	52	25	23	21	15
Mo	7	168	4	172	41		16	
Se	7	14	4	18	7		4	
As	7	3622	2o	3642	1o9o		9oo	
Ge	2	o,5	o,5	1,o	o,8	o,4	o,8	o,7
Ga	2	o,1	1,o	1,o	1,o	1o	1,o	1,o
Zn	7	3349o	14	335oo	4886	1262o	47	147
Cu	6	1o97o	32	11ooo	3344	4o7o	215o	1211
Ni	7	o	4	4	4	1o	4	4
Co	8	336	4	34o	82	112	34	35
Fe	7	24,2%	2o,8%	45,o%	39,6%	8,7%	43,o%	-
Mn	2	3	3	6	5	2	5	4
Ca	2	91	9	1oo	55	64	55	3o
P	1			48				
Si	2	324oo	26oo	35ooo	188oo	2291o	188oo	955o
Al	2	143o	17oo	16ooo	885o	1o11o	885o	5212
Mg	2	467	23	49o	257	33o	257	1o6



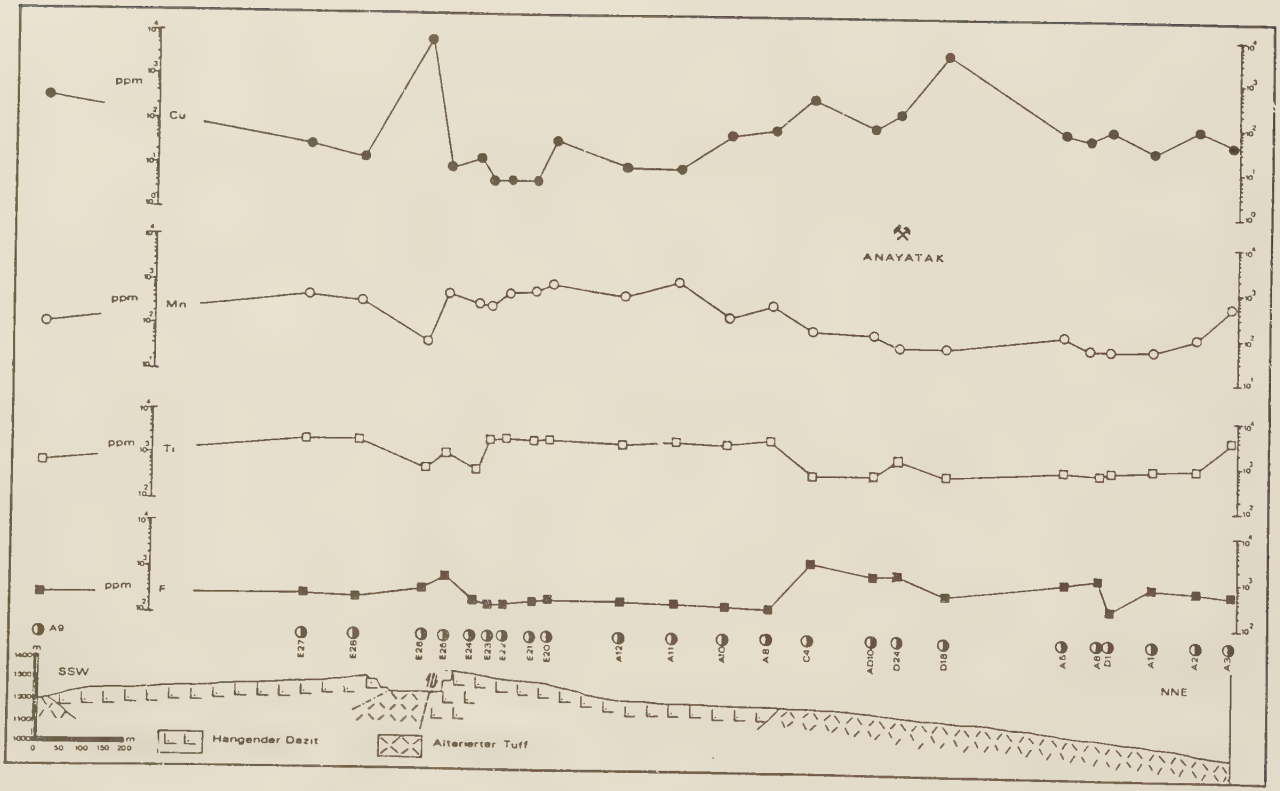
Taf. 1: Gesteinsgeochemische Traverse über den Lagerstättenbereich Murgul



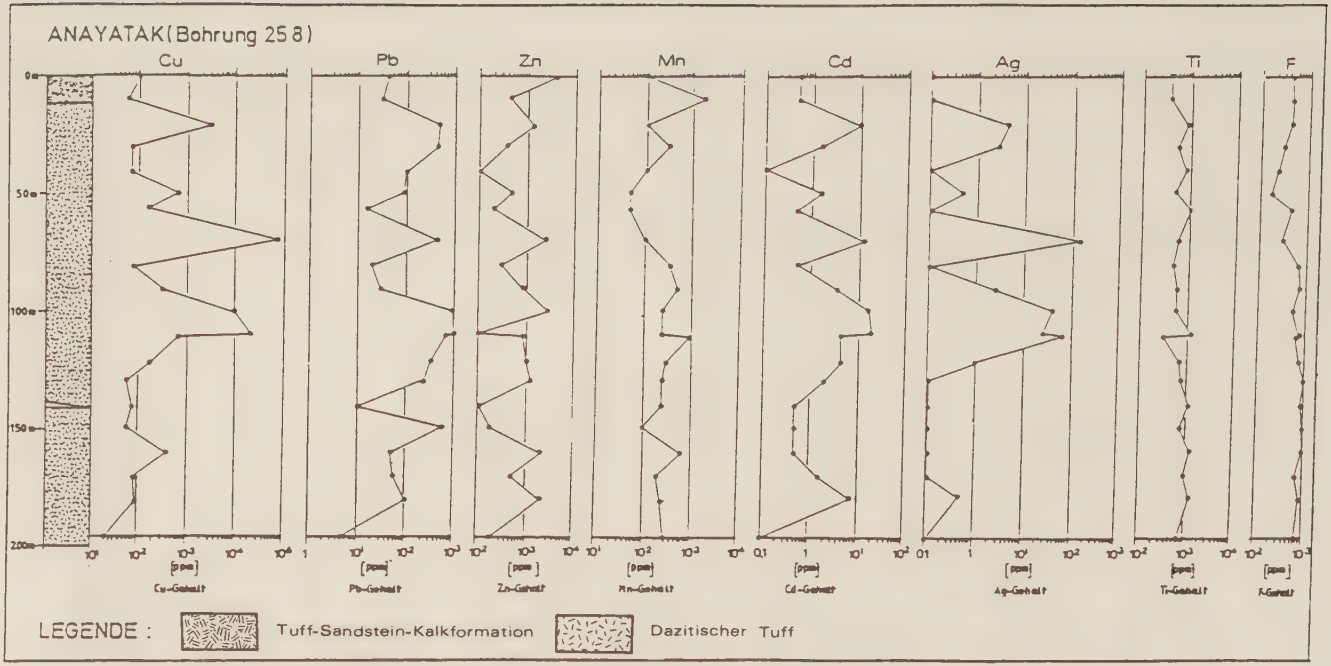
Taf. 2: Gesteinsgeochemische Traverse über den Lagerstättenbereich Murgul



Taf. 3: Gesteinsgeochemische Traverse über den Lagerstättenbereich Murgul



Taf. 4: Gesteinsgeochemische Traverse über den Lagerstättenbereich Murgul



Taf. 5: Bohrprofil von Anayatak

Taf. 6: Bohrprofil von Çakmakkaya

ERLÄUTERUNGEN ZUR TAFEL 7

Fig. 7.1: Große ungeregelte Albitleisten mit Zwillingslamellen in Spilit bzw. spilitischem Tuff (UBS). Lok.: Budiyet Köprü. Dünnschliff-Nr.: P 59. Bildbreite: 1,2 mm. Nic.//.

Fig. 7.2: Fließgefüge spilitisierter, jüngerer Diabas-Basalt-Agglomerate (OBS), die auf die Bildung des Gesteines als Lava hinweisen. Lok.: Göktaş. Dünnschliff-Nr.: P 6. Bildbreite: 3 mm. Nic.//.

Fig. 7.3: Grundmasse des Quarzkeratophyres bzw. Quarzkeratophyrtuffes (UBS), die aus einem felsitischen Filz von mikrokristallinem Albit sowie beträchtlichen Mengen von Serizit und Chlorit besteht. Lok.: Murgul Dere - Lebiskür Dere. Dünnschliff-Nr.: MD 46. Bildbreite: 3 mm. Nic.+.

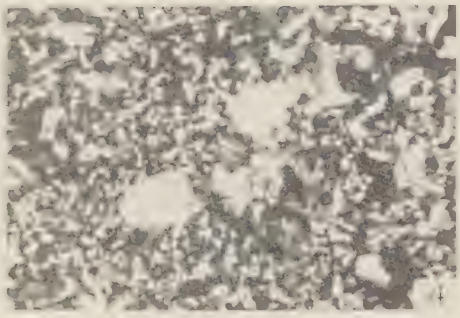
Fig. 7.4: Grundmasse des dazitischen Aschentuffes (UDS) als körniges Aggregat von Quarz, Tonmineral (Kaolin) und Serizit. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr.: AD 17. Bildbreite: 3 mm. Nic.//.

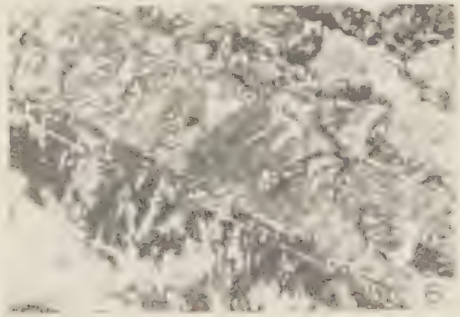
Fig. 7.5: Nadelartige F-Apatite, die in den dazitischen Tuffen (UDS) als F-Träge angenommen werden. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr. AD 17. Bildbreite: o,15 mm. Nic.+.

Fig. 7.6: Zusammensetzung des Dazites (UDS) aus Plagioklas (Albit-Oligoklas). Orthoklas sowie Amphibol bzw. Pyroxen. Lok.: Çakmakkaya. Dünnschliff-Nr.: E 23. Bildbreite: 1,2 mm. Nic.+.

Fig. 7.7: Feldspateinsprenglinge mit Zonarbau und Zwillingslamellen in den Andesiten (OBS). Lok.: Im Osten des Erzkörpers Çakmakkaya. Dünnschliff-Nr.: P 37. Bildbreite: 3 mm. Nic.+.

Fig. 7.8: Zusammensetzung des Mikrogranites aus Quarz, Plagioklas (Albit-Oligoklas) und K-Feldspat (Mikroklin) Lok.: Budiyet Köprü. Dünnschliff-Nr.: KD 14. Bildbreite: 3 mm. Nic.//.





ERLÄUTERUNGEN ZUR TAFEL 8

Alle Dünnschliffe entstammen dem Lagerstätten-Tuff von Anayatak.

Fig. 8.1: Isolierte Tonminerale (Illit, Halloysit und Montmorrillonit) in der Grundmasse zwischen Sekundärquarzen eines Tuffes. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr.: D 4. Bildbreite: 3,1 mm. Nic.//.

Fig. 8.2: Nestartig angereicherte Calzitkristalle in der Sprossungsebene von Tonmineralen. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr.: C 15. Bildbreite: o,8 mm. Nic.//.

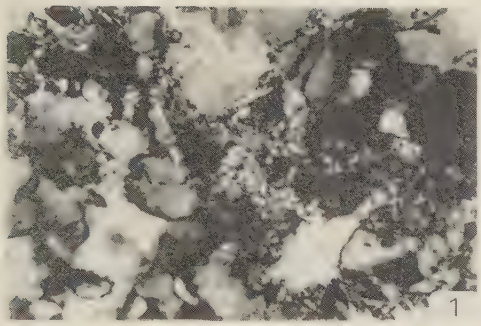
Fig. 8.3: Serizitbildung am Rande der Vererzung. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr.: D 4. Bildbreite: 0,8 mm. Nic.//.

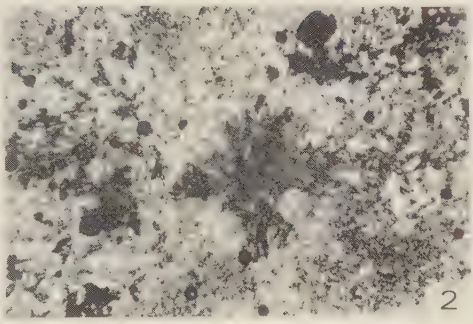
Fig. 8.4: Serizit in Begleitung von Spuren der Tonminerale in Gängchen. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr.: C 15. Bildbreite: o,8 mm. Nic.//.

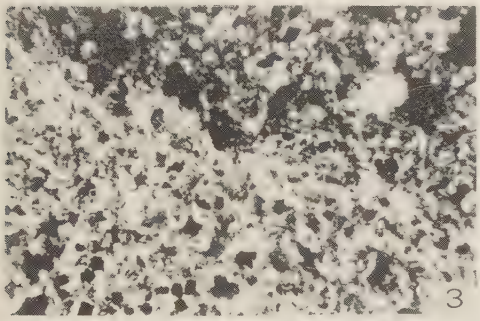
Fig. 8.5: "Cumulusartige" Calzitanreicherungen mit Serizitflasern. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr.: K 5. Bildbreite: o,8 mm. Nic.//.

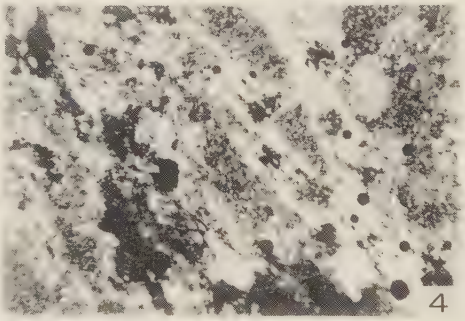
Fig. 8.6: Idiomorphe Quarzkristalle von Vulkaniten mit Anwachssäumen. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr.: Sediment (freie Probe). Bildbreite: o,8 mm. Nic.//.

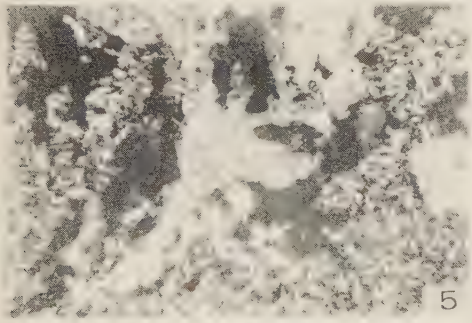
Fig. 8.7: Feinkörnige Sekundärquarze als Quarzpflaster in der Grundmasse sowie in Gängchen. Lok.: Anayatak. Dünnschliff-Nr.: D 1. Bildbreite: 3,1 mm. Nic.//.

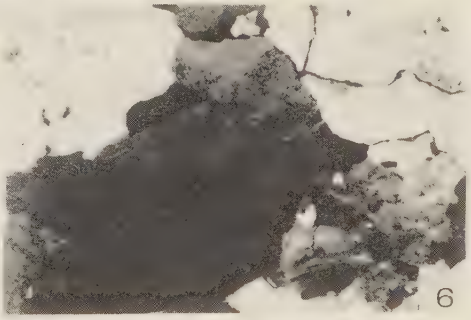

1

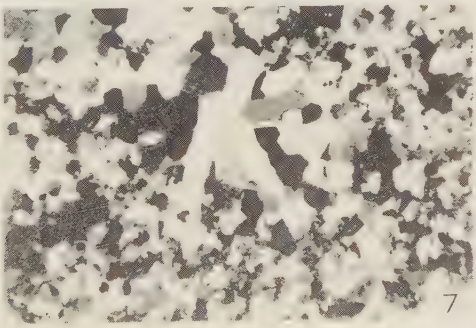

2


3


4


5


6

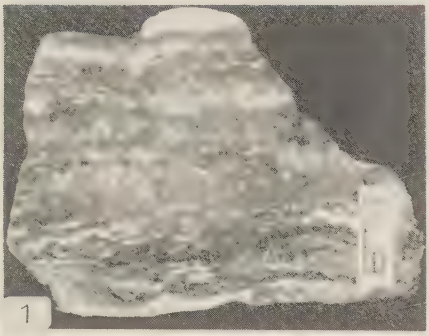

7

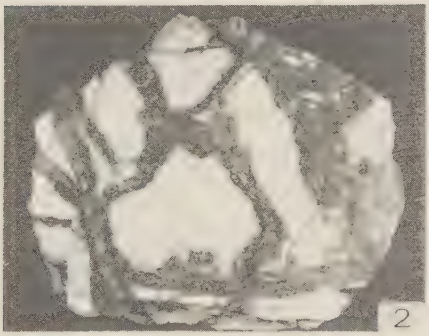
ERLÄUTERUNGEN ZUR TAFEL 9

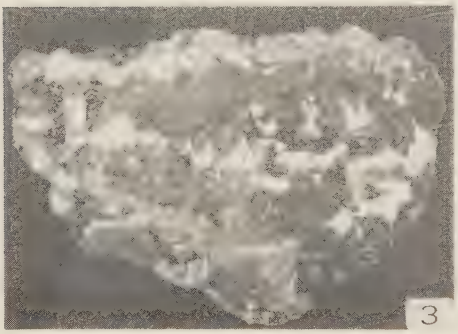
Fig. 9.1: Handstück: Silifizierter Tuff vom Tagebau-Anayatak/Murgul. Die Schichten; Quarz (weiß), feinkörniger Quarz (schwarz) mit Erzen (Pyrit, Kupferkies und Zinkblende) und Spuren von Tonmineralen.

Fig. 9.2: Handstück: Stockwerkartiges Netzerz in dem dazitischen Aschentuff vom Tagebau-Anayatak/Murgul; alterierter Aschentuff (weiß), Quarz mit den Erzen (schwarz).

Fig. 9.3: Handstück: Quergreifendes Gangerz vom Tagebau-Çakmakkaya; jüngste Quarzbildung (weiß), Pyrit-Kupferkies-Covellin mit Quarz (schwarz).


1


2


3

ERLÄUTERUNGEN ZUR TAFEL 1o

Fig. 1o.1: Zonenbau eines idiomorphen Pyrites, der auf die Wachstumsrhythmen hinweist. Lok.: Tagebau Anayatak. Anschliff-Nr.: C 3. Bildbreite: o,4 mm. Nic.//.

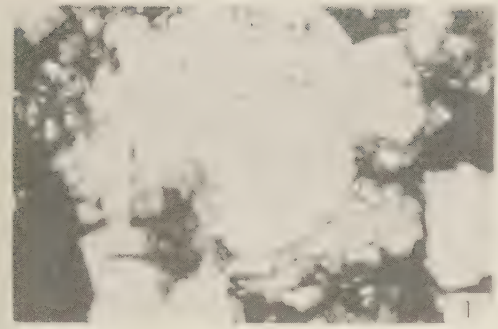
Fig. 1o.2: Verdrängung des Pyrites (weiß) durch den Kupferkies (grau) von Spaltrissen ausgehend. Lok.: Çakmakkaya. Anschliff-Nr.: E 21. Bildbreite: 1,6 mm. Nic.//.

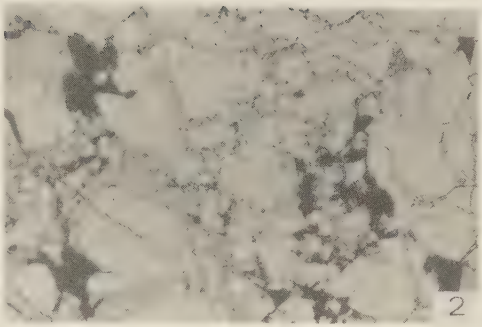
Fig. 1o.3: Verwachsung des xenomorph-hypidiomorphen Pyrites (weiß) mit Kupferkiesaggregaten (grauweiß). Lok.: Anayatak. Anschliff-Nr.: C 17. Bildbreite: o,4 mm. Nic.//.

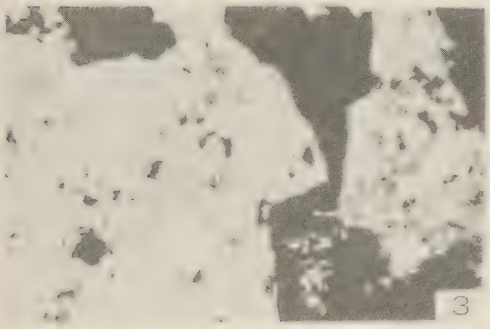
Fig. 1o.4: Konzentrischer Schalenbau durch den Einbau von kleinen Kupferkies- (grau) oder Gangart-Partikeln (schwarz in den isoliert auftretenden Rundkörpern von Pyrit (weiß). Lok.: Akarşen. Anschliff-Nr.: P 46. Bildbreite: o,4 mm. Nic.//.

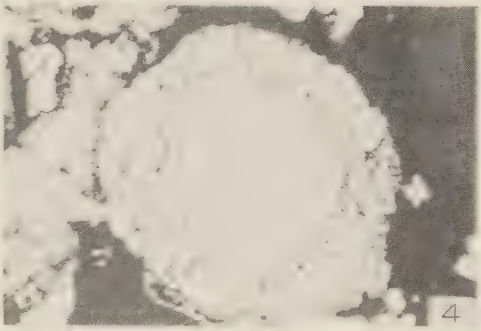
Fig. 1o.5: Framboide, die meist in den silifizierten Gesteinen isoliert auftreten. Lok.: Anayatak. Anschliff-Nr.: D 19. Bildbreite: o,25 mm. Nic.//.

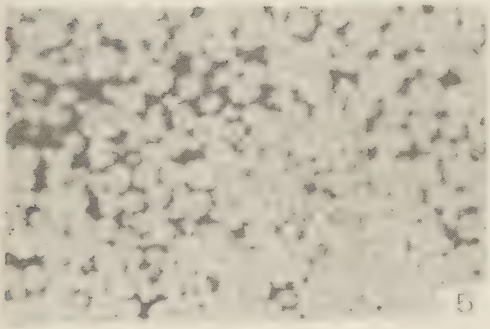
Fig. 1o.6: Verdrängungsreste von Pyrit (weiß) und Kupferkies (grau) in Gangart (schwarz). Lok.: Anayatak. Anschliff-Nr. C 4. Bildbreite: o,4 mm. Nic.//.

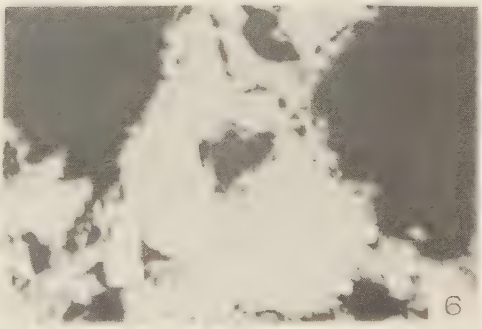

1


2


3


4


5


6

ERLÄUTERUNGEN ZUR TAFEL 1o (Fortsetzung)

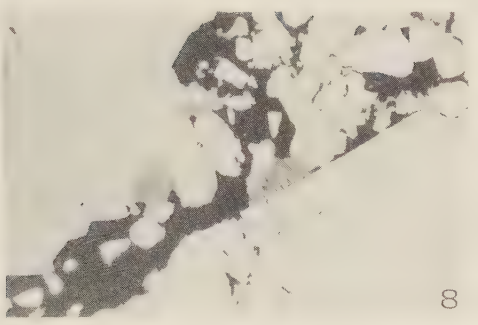
Fig. 1o.7: Stäbchen- und tröpfchenförmige Kupferkieseinschlüsse (grau) in Zinkblende (mittelgrau), die auf eine (erhöhte) Temperatur hinweisen. Lok.: Anayatak. Anschliff-Nr.: AD 6. Bildbreite: o,4 mm. Nic.//.

Fig. 1o.8: Verdrängung von Kupferkies (grau) durch Fahlerz (dunkelgrau). Lok.: Çakmakkaya. Anschliff-Nr.: E 21. Bildbreite: o,4 mm. Nic.//.

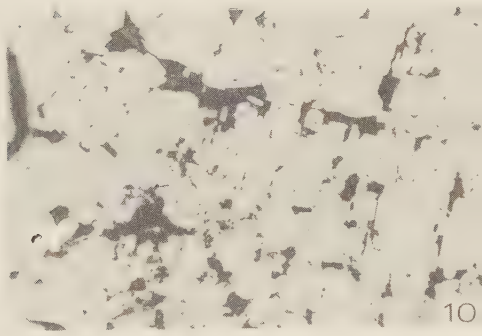
Fig. 1o.9: Gediegen Gold (reinweiß) sowohl am Rand zum Pyrit (grauweiß) als auch im Kupferkies (grau). Lok.: Akarşen. Anschliff-Nr.: P 46. Bildbreite: o,4 mm. Nic.//.

Fig. 1o.1o: Gediegen Gold (reinweiß) z.B. im Pyrit (weiß) und z.B. auch im Kupferkies (grauweiß). Lok.: Akarşen. Anschliff-Nr.: P 46. Bildbreite: o,4 mm. Nic.//.

7


8

9


10